

Liste des annexes

Annexe 1 : Extrait du PUD du Mont-Dore

Annexe 2 : Mémoire explicatif du procédé de traitement des boues par rhizocompostage

Annexe 3 : Mémoire explicatif de la STEP de Boulari (Dimensionnement)

Annexe 4 : Fiches de données sécurité

Annexe 5 : Résultats de l'étude acoustiques

Annexe 6 : Notes d'expertise concernant l'impact des effluents de la STEP sur la mangrove de Boulari

Annexe 7 : Extrait du guide IRD Phragmites

Annexe 8 : Listes des plantes introduites considérées comme envahissantes dans l'archipel néo-calédonien et des plantes aquatiques, déjà présentes, à éradiquer ou à contrôler

Annexe 9 : Extrait de l'expertise collégiale publiée par l'IRD en 2006 intitulée « Les espèces envahissantes dans l'archipel néo-calédonien », page 67 à 74

Annexe 10 : 100 of the world's worst invasive alien species – A selection from the global invasive species database publié par l'IUCN – 2004

Annexe 11 : Espèces exotiques envahissantes dans les collectivités françaises d'outre-mer – Etat des lieux et recommandations publié par le comité français de l'IUCN – juillet 2008

Annexe 12 : Liste des espèces envahissantes en Province Nord – Code de l'environnement de la province Nord

Annexe 13 : Expertise de l'IRD sur les risques liés à l'utilisation du *P. australis* à la station d'épuration de Rivière Salée

Annexe 14 : Extrait du guide à l'attention des maîtres d'œuvres pour les aider à la rédaction de cahier des charges (CCTP) s'appliquant à la mise en œuvre de la filière d'épuration par filtres plantés de roseaux

Annexe 15 : Permis provisoire d'importation

Annexe 16 : Traitement et valorisation des boues par lits plantés de roseaux : bilans des réalisations françaises et danoises et perspectives d'avenir

Annexe 17 : Fiche technique du compresseur d'air

Annexe 18 : Vues paysagères de la STEP de Boulari

Annexe 19 : Note technique du système d'arrosage

Annexe 20 : Plan des espaces verts public à arroser

Annexe 21 : Projet d'arrêté de mars 2001 concernant la réutilisation d'eaux usées épurées

ANNEXES

ANNEXE 1

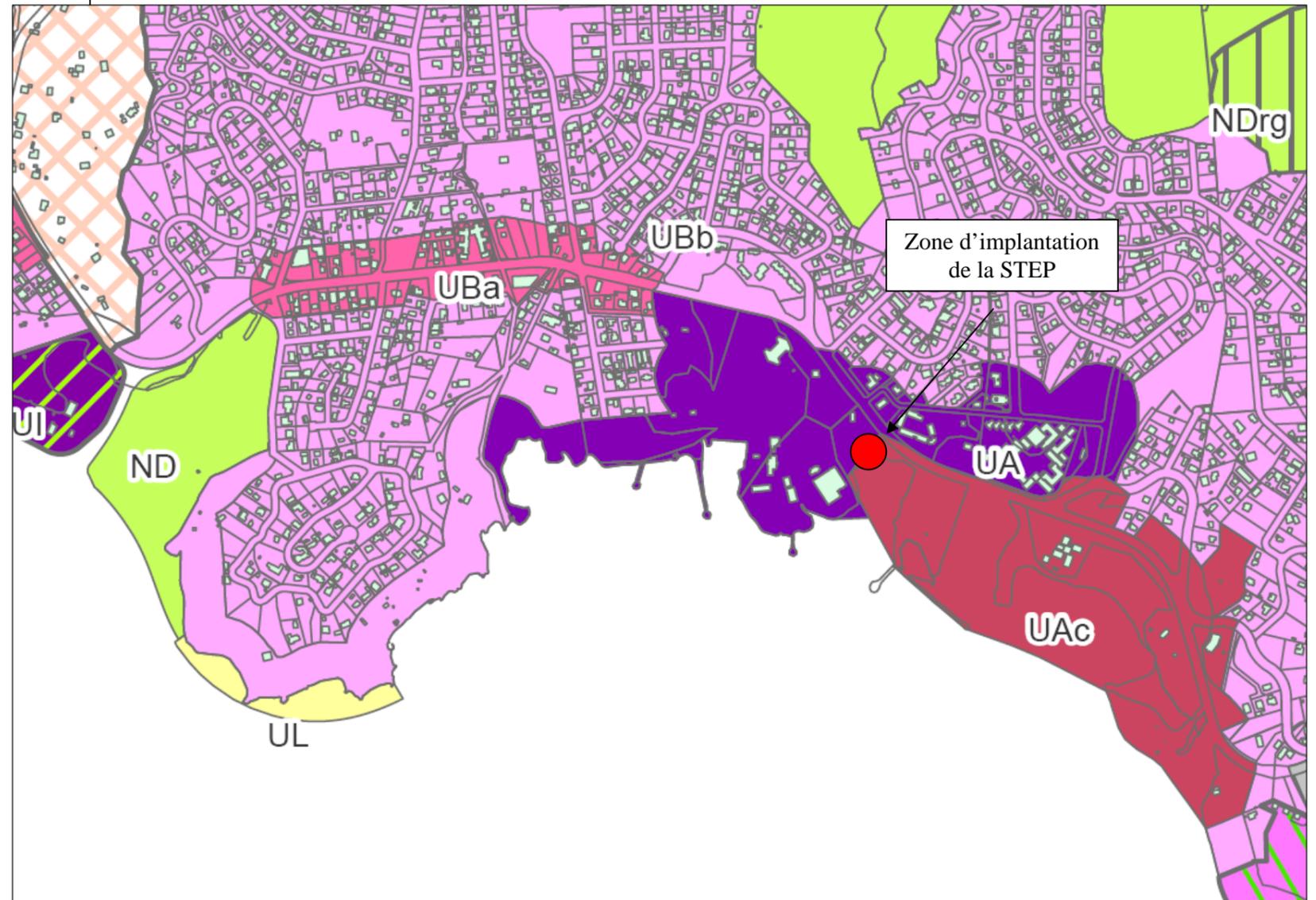
Extrait du PUD du Mont-Dore

NOUVELLE CALEDONIE - PROVINCE SUD

Ville du Mont-Dore Plan d'Urbanisme Directeur

Document provisoire 1/09/2006

	UA	Zone centrale
	UAc	Zone du centre ville de Boulari
	UBa	Zone de centralité urbaine
	UBb	Zone d'habitat résidentiel intermédiaire
	UBbrg	Zone d'habitat résidentiel intermédiaire avec risque de glissement
	UBc	Zone d'habitat diffus accompagné de culture
	UBcrg	Zone d'habitat diffus accompagné de culture avec risque de glissement
	UBd	Zone résidentielle de Yahoué
	UE	Zone d'équipements collectifs
	UI	Zone artisanale et industrielle
	UIrg	Zone artisanale et industrielle avec risque de glissement
	UL	Zone de loisirs et de tourisme
	ULrg	Zone de loisirs et de tourisme avec risque de glissement
	ULri	Zone de loisirs et de tourisme avec risque d'inondation
	UM	Zone militaire
	AUBb	Zone à urbaniser en habitat intermédiaire
	AUBc	Zone à urbaniser en habitat diffus
	AUBcrg	Zone à urbaniser en habitat diffus avec risque de glissement
	AUI	Zone à urbaniser en zone artisanale et industrielle
	AUL	Zone à urbaniser en activités de loisirs et de tourisme
	AULri	Zone à urbaniser en activités de loisirs et de tourisme avec risque d'inondation
	NC	Zone de ressources naturelles
	NCrg	Zone de ressources naturelles avec risque de glissement
	NCri	Zone de ressources naturelles avec risque d'inondation
	ND	Zone naturelle protégée
	NDrg	Zone naturelle protégée avec risque de glissement
	NDri	Zone naturelle protégée avec risque d'inondation
	NDmrg	Zone naturelle protégée avec activité militaire et risque de glissement
	TC	Terres coutumières sans préconisation
	TCrg	Terres coutumières sans préconisation avec risque de glissement



ANNEXE 2

Mémoire explicatif du procédé de traitement des boues par rhizocompostage

TRAITEMENT DES BOUES DE LA STEP DE BOULARI (TRANCHE1 : 4500 EH) PAR RHIZOCOMPOSTAGE



Lits plantés de roseaux : step de Rivière Salée

SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
1. LE RHIZOCOMPOSTAGE : ASPECTS GENERAUX	6
1.1 DESCRIPTION DU PROCEDE	6
1.2 LES ROSEAUX : INTERET POUR LE TRAITEMENT DES BOUES	6
1.2.1 Description de la plante	6
1.2.2 Principales propriétés des roseaux	9
2. DIMENSIONNEMENT	12
2.1 SURFACE A PREVOIR	12
2.2 NOMBRE DE LITS	12
2.3 CARACTERISTIQUES DES LITS	13
2.3.1 Caractéristiques géométriques	13
2.3.2 Soubassement	13
2.3.3 Point d'alimentation	13
2.4 ALIMENTATION EN BOUES	14
2.4.1 Origine des boues	14
3. EXPLOITATION	15
3.1 MISE EN SERVICE	15
3.1.1 Plantation des roseaux	15
3.1.2 Entretien des roseaux jusqu'à la repousse	15
3.1.3 Premières alimentations en boue	15
3.2 EXPLOITATION COURANTE	15
3.2.1 Choix d'une stratégie d'alimentation en boues	15
3.2.2 Consignes d'exploitation	16
3.3 PERFORMANCES ATTENDUES	16
3.3.1 Réduction du volume des boues	16
3.3.2 Elimination de l'eau	18
3.3.2.1 Vitesse de drainage	18
3.3.2.2 Qualité des percolats	18
3.3.3 Qualité des boues	18
3.4 CURAGE D'UN LIT	19
3.4.1 Extraction du compost	19
3.4.2 Destination du compost	19
3.4.3 Remise en service	19
4. ASPECTS FINANCIERS	20
4.1 COUTS D'INVESTISSEMENT	20
4.2 COUTS D'EXPLOITATION	20
4.3 COMPARAISON DES FILIERES	20
CONCLUSIONS	21

INTRODUCTION

La gestion des boues représente une source de problèmes et un poids financier considérable pour les communes dotées de petites stations d'épuration d'eaux résiduaires urbaines. En effet, la dégradation de la qualité de l'eau traitée est souvent liée à la difficulté d'extraire convenablement les boues. D'autre part, la gestion des boues déshydratées induit souvent des coûts d'exploitation importants liés au procédé de séchage mais aussi à la mise en décharge. L'absence, le sous-dimensionnement ou l'inadéquation des filières de traitement (silo de stockage trop petit, lits de séchage utilisés dans des conditions climatiques défavorables,...) induisent une augmentation de la concentration en biomasse dans le bassin d'aération qui favorise l'apparition des bactéries filamenteuses et les risques de pertes en matières en suspension lors d'à-coups de charge hydraulique. La mise en place d'un procédé de traitement par lits de séchage plantés de roseaux ou **rhizocompostage** (*i.e* lit de séchage planté de roseaux de type « *phragmites australis* ») apparaît alors comme une alternative très intéressante pour pallier à ces problèmes et permettre des économies de coût d'exploitation non négligeables.

En effet, nous avons retenu dans notre offre de base le procédé de séchage des boues par rhizocompostage pour les raisons principales suivantes :

- Meilleure **stabilisation des boues**,
- **Exploitation plus aisée et moins coûteuse**,
- Intégration complète du paramètre **écologique** (recyclage des boues et de l'eau) et de **l'aspect paysager**,

Cette technologie d'origine allemande s'apparente aux systèmes d'infiltration percolation sur massif filtrant planté de roseaux qui sont de plus en plus utilisés dans le domaine du traitement des eaux résiduaires des très petites collectivités (Gray *et al.* 1995, Haberl *et al.* 1995, Boutin *et al.* 1997, Cooper *et al.* 1997, Schönerklee *et al.* 1997). Les boues sont extraites directement du bassin d'aération et sont amenées en surface du lit. Le massif filtrant de ce dernier est constitué de couches successives composées d'une partie inférieure drainante et aérée avec des galets et d'une partie supérieure filtrante avec du sable qui permet le passage des eaux provenant du drainage des boues. Il est impératif de disposer entre ces deux types de matériaux un géotextile afin d'éviter la « migration » du sable fin vers la zone de drainage de galet et ainsi de colmater le lit. Les roseaux sont plantés directement sur toute la surface du massif filtrant. Ils développent rapidement un système racinaire qui constitue un véritable réseau de drainage. Les boues peuvent donc s'égoutter très rapidement. Un radier assure la collecte des filtrats ou percolats qui sont renvoyés en tête de station pour éviter toute pollution du milieu naturel. La matière organique des boues est ensuite utilisée par les roseaux pour assurer leur croissance. Cette étape peut être assimilée à une minéralisation ou compostage. Un lit de séchage planté de roseaux convenablement dimensionné est utilisable pendant environ cinq ans sans évacuation et peut donc réduire fortement les coûts d'exploitation liés à la gestion des boues.

Utilisé d'abord en Allemagne, puis au Danemark et aux Etats-Unis, ce procédé est apparu en France au début des années 90 suites à des recherches conduites par le Cemagref et la SAUR. On peut compter plus de 200 stations équipés de lits plantés de roseaux qui fonctionnent déjà avec succès en France (Liénard *et al.* 1995, Liénard 1996). La Calédonienne Des Eaux a suivi ce mouvement et est la seule en Nouvelle Calédonie à avoir mis en place une déshydratation par rhizocompostage sur la step de Rivière Salée (voir photo ci-après) depuis 2002.



Lits plantés de roseaux : step de Rivière Salée

Cette solution est utilisée avec succès en Polynésie Française par Lyonnaise Des Eaux sur des stations d'épuration de taille conséquente comme à Bora-Bora, Faanui et Povai (10 000 eH chacune : voir photo ci-après) et d'autres plus petites unités.



Lits de roseaux de Faanui en construction

Calédonienne Des Eaux a également obtenu depuis le mois d'Octobre 2007 le chantier de réhabilitation et transformation en lits plantés de roseaux de 8 lits (sur un total de 16) de séchage « classique » (520 m²) de la step Base-vie de Goro Nickel (voir photos ci-après). Cette réalisation a été décidée et mise en place avec l'industriel, en complément du chantier actuel de réorganisation complète de la gestion des eaux usées, afin de permettre une réduction significative des boues envoyées vers l'ISD de Gadji et d'obtenir à terme (4 à 5 ans) un produit valorisable en tant que compost pour les programmes de revégétalisation.



Mise en place des drains



Remplissage des lits



Mise en service avant bouturage

Il est important de souligner que cette variété de phragmites est endémique à la Nouvelle Calédonie mais le CDE dispose de l'agrément d'importation (voir document en annexe). L'expérience Suez Environnement permet d'affirmer qu'il n'y a aucun risque de dissémination ou de colonisation du milieu naturel. Il faut également noter que les roseaux « phragmites australis » sont des plantes essentiellement aquatiques ce qui réduit d'autant le risque de réapparition dans des environnements de type non aquatique lors par exemple d'utilisation du compost.

L'objectif de ce présent document est d'explicitier l'intérêt de l'option traitement des boues par rhizocompostage à la place d'une déshydratation mécanique au travers des éléments clés concernant le principe, le dimensionnement, l'exploitation et le coût (investissement et exploitation) de ce procédé.

1. LE RHIZOCOMPOSTAGE : ASPECTS GENERAUX

1.1 DESCRIPTION DU PROCEDE

L'utilisation des végétaux aquatiques dans le traitement des eaux résiduaires urbaines n'est pas nouvelle car les premières études ont été réalisées au Max Planck Institute en Allemagne par Seidel dans les années 60 (Liénard *et al.* 1995). En France, ils ont été introduits de façon assez massive dans les lagunes à macrophytes puis utilisés pour le traitement des eaux usées des petites collectivités par infiltration percolation. Ce n'est qu'au début des années 80 que la technique de rhizocompostage a vu le jour dans les pays d'Europe du Nord (Nielsen ?) avant de gagner les Etats-Unis (Mellstrom *et al.* 1994, Kim *et al.* 1997) puis la France par l'intermédiaire de la SAUR et du CEMAGREF de Lyon (Liénard *et al.* 1995). Ce type de traitement des boues est implanté généralement sur des installations de petites tailles (inférieures à 5 000 eH).

Le principe du procédé de rhizocompostage est illustré par la figure 1. Le lit de séchage est composé d'un massif filtrant constitué de différentes couches de sable de granulométries différentes qui reposent sur un radier. Ce massif est parcouru de drains afin de collecter les percolats ou filtrats. Des roseaux de type *Phragmites communis* sont alors plantés sur le massif qu'ils colonisent en développant un réseau complexe de racines (rhizomes) assimilable à un réseau de drainage. Une vue d'ensemble du procédé est fournie par la figure 2.

Les boues provenant directement du bassin d'aération sont épandues en surface du lit selon des cycles alternant périodes de repos et périodes d'alimentation. Lorsqu'une dose de boues est appliquée, les rhizomes qui colonisent le support du lit vont structurer les boues et donc favoriser le drainage du percolat, une aération du milieu, une humidification de la masse et donc permettre une stabilisation des boues par compostage.

1.2 LES ROSEAUX : INTERET POUR LE TRAITEMENT DES BOUES

Un certain nombre de plantes de marécages peut se développer dans un environnement équivalent à celui des boues de stations d'épuration. Parmi celles-ci, les roseaux de type *Phragmites australis* ou *Phragmites communis* présentent un certain nombre d'avantages qui font d'eux une des plantes les plus adaptées pour le traitement des boues. (Baptiste *et al.* , 1994, De Maeseneer. *et al.* 1997) :

1.2.1 Description de la plante

Les roseaux communs (*Phragmites australis*, *Phragmites communis*...) constituent, parmi le groupement des héliophytes (groupe de plantes vivaces), l'espèce la plus largement répandue (du fait de sa grande tolérance aux variations des plans d'eau) et la plus communément exploitée par l'homme. Le roseau est constitué (figure 3) :

- d'un appareil végétatif souterrain très ramifié : **le rhizome**, qui porte à chacun de ses noeuds de nombreuses racines. Ce rhizome est très développé et se comporte comme une véritable tige souterraine.
- d'une tige robuste et rigide, riche en cellulose et en silice, pourvue elle aussi de noeuds. Sa longueur varie de 1,5 à 4 mètres et son diamètre de base de 0,5 à 1,5 centimètre. La tige est surmontée d'une inflorescence en forme de panicule longue de 10 à 40 centimètres. A chaque entrenoeud, prend naissance un limbe à bords coupants.

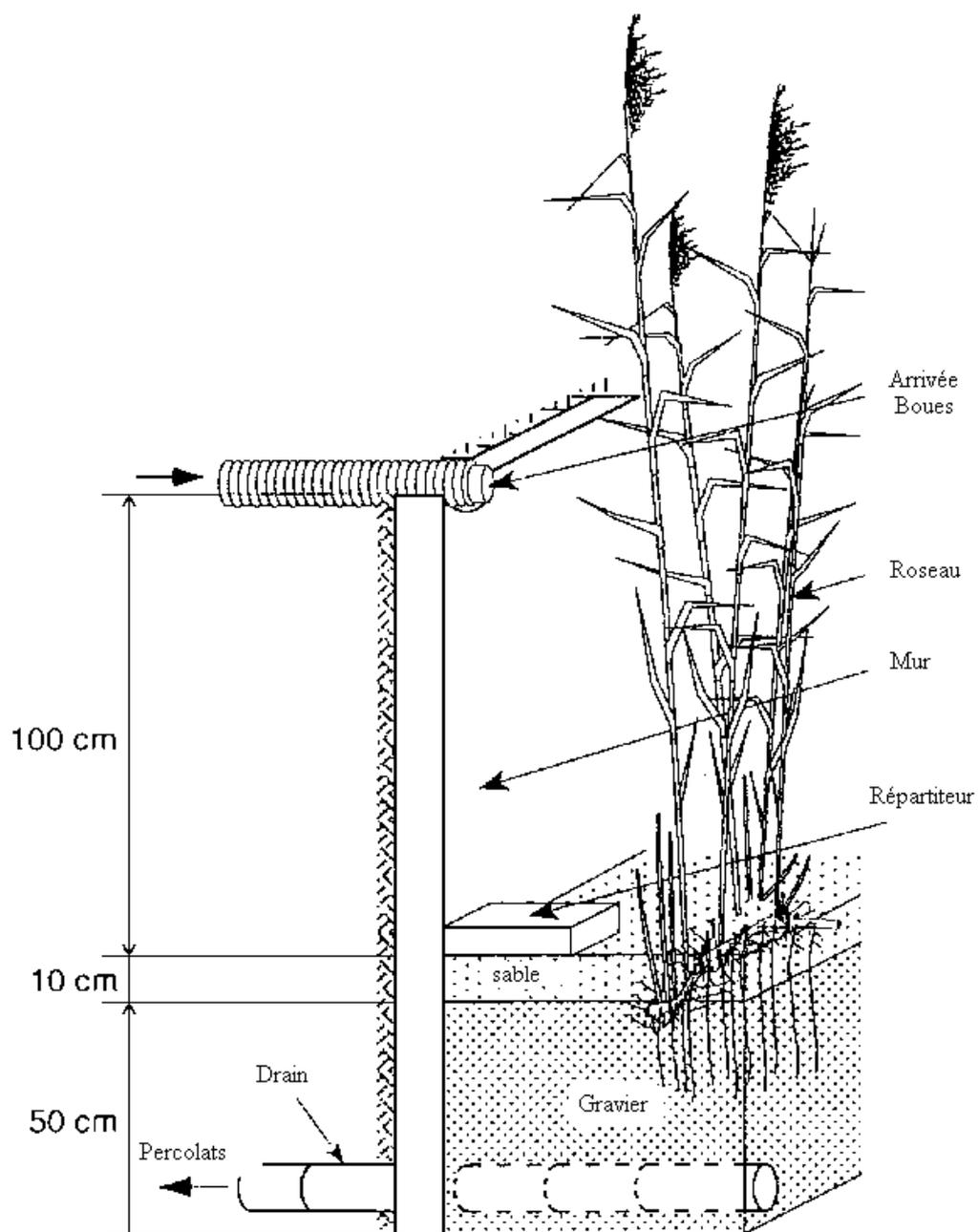


Figure 1 : Schéma de principe d'un lit de rhizocompostage (d'après Obarska-Pempkowiak *et al.*, 1997)

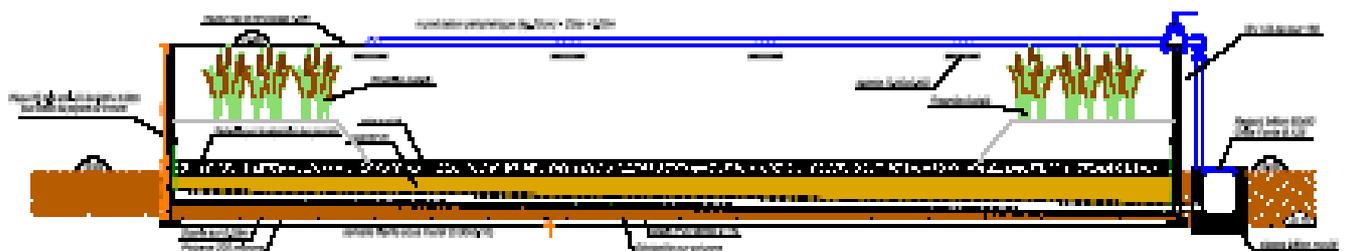




Figure 2 : Vue d'ensemble d'un procédé de rhizocompostage



Figure 3 : Schéma de *Phragmites communis*

1.2.2 Principales propriétés des roseaux

Les roseaux présentant un certain nombre de propriétés favorables pour son utilisation pour le traitement des boues (X, 198?, Baptiste *et al.*, 1994, De Maeseneer. *et al.* 1997) :

- **Croissance rapide**

Pour une densité de 4 à 5 plants.m⁻², les tiges de roseaux poussent très vite (jusqu'à 18 cm.jour⁻¹) et atteignent leur hauteur totale en 4 ou 5 mois.

- **Effet mécanique sur le massif filtrant**

Les tiges aériennes émises à partir des noeuds des rhizomes viennent percer régulièrement, en saison estivale, la couche croissante de boues. Ces tiges, reliées aux diverses autres parties du système racinaire, créent ainsi un continuum entre la surface des lits qui reçoit régulièrement un produit très chargé en eau, et la couche drainante qui évacue les percolats (figure 4). En hiver, la continuité de ce réseau est préservée par le port vertical de la tige ligneuse des roseaux même lorsqu'elle est flétrie.

- **Elimination de l'eau**

L'élimination de l'eau se fait à la fois par évapotranspiration et par drainage. Les roseaux ont la potentialité de créer de fortes pressions osmotiques supérieures à 20 bars au niveau de leur système racinaire. Ce gradient de pression permet l'aspiration de l'eau par la plante. Grâce à un tissu (le xylème) formant un réseau à travers toute la plante, la circulation de l'eau des racines est possible vers les parties aériennes. De là, l'eau est évacuée par évapotranspiration. En période végétative, la transpiration des roseaux est environ du double de celle d'une surface d'eau libre. Dans des conditions climatiques européennes, elle peut varier entre 340 et 1700 mm.an⁻¹ (Nielsen). Celle-ci se déroule principalement durant les mois d'été. Dans des conditions de température extrême, l'évaporation peut atteindre 2,5 cm.jour⁻¹. L'humidité ambiante et la vitesse de vent affectent de façon non négligeable ce paramètre.

La vitesse de drainage d'un lit planté de roseaux peut atteindre 100 l.h⁻¹.m⁻² dans le cadre d'une alimentation par des boues activées (Liénard *et al.*, 1995). A titre d'exemple, une courbe spécifique de drainage est fournie sur la figure 5. 24 heures après l'épandage des boues, 80 % de l'eau sont éliminés. Ce taux d'élimination atteint 98 % après 6 jours.

- **Stabilisation aérobie des boues grâce à l'apport d'oxygène au niveau des racines**

Les roseaux ont la faculté de transporter l'oxygène produit par la fonction chlorophyllienne de leur partie aérienne vers les racines par l'intermédiaire de tissus creux appelés aerenchymes. Le moteur de ce transport convectif est probablement la différence de température et de teneur en eau entre les tissus internes de la plante et l'air ambiant. Une petite partie de cet oxygène diffuse des racines et des racinelles vers le sol. Il favorise l'oxydation des substances réductrices (Fe²⁺, Mn²⁺, H₂S, NH₄⁺...) se trouvant dans l'environnement anoxique où se développent les roseaux.



Figure 4 : Exemple de développement d'un rhizome de *Phragmites communis* (d'après Nielsen)

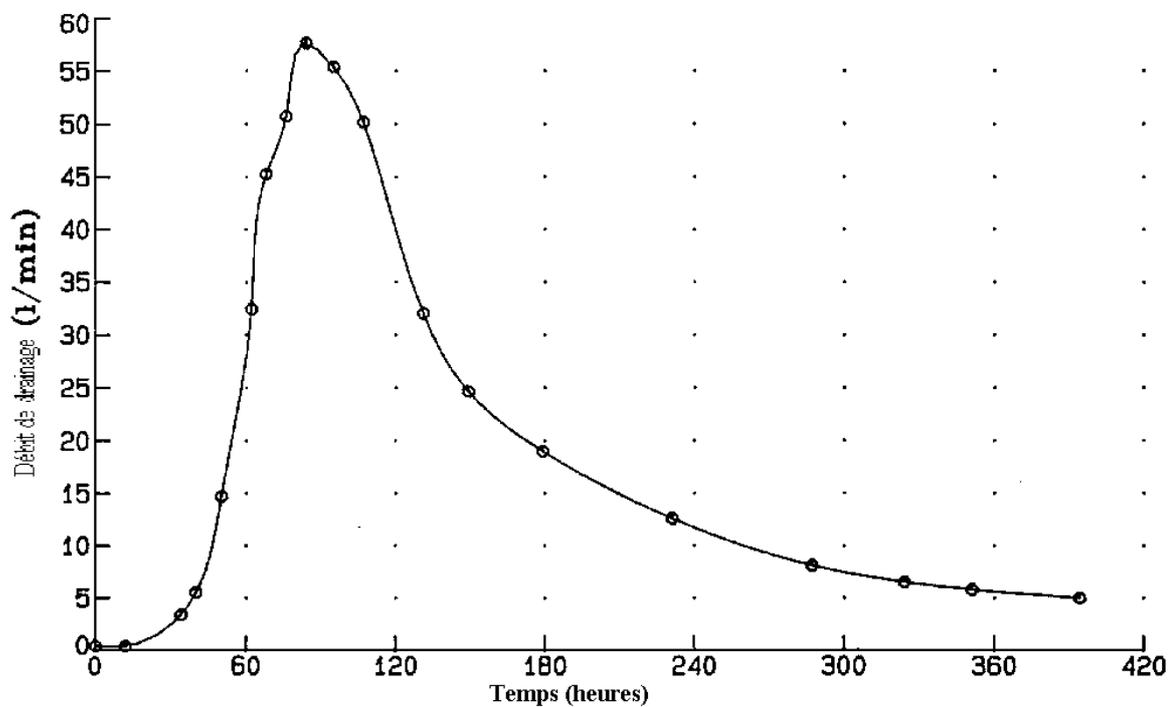


Figure 5 : Exemple d'une courbe de drainage sur un procédé de rhizocompostage (d'après Nielsen)

- **Développement des populations bactériennes**

La colonisation de la boue par un réseau racinaire très dense favorise la croissance de nombreuses espèces bactériennes à leur proximité favorisant les processus de minéralisation et de stabilisation de la boue.

- **Tolérance à la sécheresse**

Le roseau supporte très bien les périodes de sécheresse tant que le rhizome reste dans un sol dont la teneur en eau est supérieure ou égale à 60 %. Si la teneur en eau du sol descend en dessous de 60 %, sa productivité décroît mais il ne meurt pas. La pérennité de la plante est assurée par le rhizome.

- **Tolérance aux variations de pH (acides et basiques) et de salinité**

- **Plantes peu onéreuses abondamment commercialisées et faciles à planter si on dispose d'une « nurserie »** : ie CDE possède avec la step de Rivière Salée de roseaux adultes qui permettront de faciliter le bouturage des rhizomes et de diminuer aussi la durée de croissance associée normalement aux jeunes pousses,

2. DIMENSIONNEMENT

2.1 SURFACE A PREVOIR

Le développement intensif (aérien et souterrain) des roseaux permet une alimentation du lit pour assurer une bonne croissance sur la base d'une charge de $75 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{an}$, soit entre 250 et 300 g MES/j par m^2 de lit toute l'année. **Cette charge peut être adoptée car ces futures installations sont situées en zone climatique favorable où la croissance végétale n'est pas ralentie avec une température moyenne de 23°C ; on se base donc sur une charge maximale de $300 \text{ g MES} \cdot \text{j}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ de lit ce qui correspond à une charge d'environ $5 \text{ eH} \cdot \text{m}^{-2}$.**

Cela correspond donc à une surface de 900 m^2 pour la 1^{ère} tranche (4500 eH) de traitement des boues par rhizocompostage.

Détail du calcul : STEP de 4500 eH avec $60 \text{ g MS/eH} \cdot \text{j}$
Production de boues = $4500 \times 60 = 270 \text{ kg MS/j}$
Surface nécessaire = $270\,000/300$
= 900 m^2

2.2 NOMBRE DE LITS

Pour permettre une grande souplesse d'exploitation, il est préférable de multiplier le nombre de lits. Afin d'assurer également une mise au repos périodique, il est nécessaire de prévoir un minimum de trois lits (deux lits en service, un lit au repos).

Il convient de ne pas dépasser une surface unitaire d'environ 120 m^2 pour permettre une bonne adéquation avec les conditions d'alimentation (débits de pompage, répartition de l'alimentation).

Exemple : STEP de 4500 eH
Surface nécessaire = 900 m^2
Surface unitaire maximale = 120 m^2
Nombre de lits = $8 \text{ unités de } 112 \text{ m}^2 \text{ chacune}$

Remarque :

On fait souvent allusion dans la littérature à des lits plantés de roseaux dont la superficie est de 1000 m^2 (Nielsen, Burgoon *et al.* 1997). Toutefois, au sein du groupe Lyonnaise des Eaux, aucune information concernant le bon fonctionnement de ce type d'ouvrage n'est disponible. Pour le dimensionnement des lits, la surface unitaire maximum de 120 m^2 sera respectée.

2.3 CARACTERISTIQUES DES LITS

2.3.1 Caractéristiques géométriques

Les ouvrages seront construits en élévation afin de limiter l'emprise sur le terrain (parois en béton et fond étanchéifié avec du polyane 150 microns). Cette construction adaptée au terrain difficile (niveau PHE à proximité), permet de gérer facilement les retours (canalisation gravitaire).

Les caractéristiques géométriques des lits sont définies en tenant compte des contraintes liées au débit d'alimentation (débit de pompage), du nombre de lits envisagés, des accès pour assurer l'extraction des boues après traitement.

L'évacuation des boues des lits s'opérant à l'aide d'une pelleteuse (solution la plus pratique et la moins onéreuse), il est important que le bras de l'engin puisse atteindre tous les points du lit, on a donc limiter les dimensions largeur/longueur/hauteur des ouvrages.

- **Hauteur** :
Hauteur totale à 1,6 m y compris le soubassement (hauteur libre de 1,4 m à la mise en service),
- **Largeur** :
La largeur maximale sera de 7 m.
- **Longueur** : Pour un accès de la pelleteuse sur un seul coté, la longueur sera limitée à 16,5 m

2.3.2 Soubassement

Le soubassement est constitué, de bas en haut :

- d'un **plancher étanche** (polyane 150 microns) permettant l'écoulement des percolats vers le réseau de drainage,
- un **réseau de drains** implantés dans une **couche de 20 cm de galets de rivière** (granulométrie 50/120 mm),
- une **couche de 20 cm de sable lavé 0/4** (exempt de fines) où sont plantés les roseaux.

Pour le réseau de drainage, les drains sont disposés sur la largeur des lits à raison d'un drain pour 20 m². En amont, du coté alimentation en boues, l'extrémité des drains remonte le long des parois pour constituer une cheminée de ventilation (ventilation haute).

2.3.3 Point d'alimentation

L'alimentation s'effectue par un côté (opposé à la sortie des drains) à raison d'un point d'alimentation pour 30 à 40 m² de surface unitaire ; ce qui fait 4 points d'alimentation par lit. Le diamètre de chaque canalisation d'alimentation est calculé sur la base d'une vitesse de passage de 0,6 à 1,2 m.s⁻¹. Ce diamètre est au minimum de 60 mm.

2.4 ALIMENTATION EN BOUES

2.4.1 Origine des boues

Il est important de rappeler que le roseau commun ne supporte pas l'anaérobiose. Il faut donc être vigilant quant au maintien de conditions aérobies dans le procédé. La comparaison des performances de traitement (rendements de déshydratation et de minéralisation) montre qu'il est préférable d'utiliser les boues activées comme dans notre cas car leur drainage est plus facile.

Contrairement à un lit de séchage classique, les risques de colmatage sont quasi-inexistants si l'on ne dépasse pas, en moyenne, les charges maximales admissibles et si on respecte les phases de repos. Le roseau est une plante aquatique se développant en zone humide aussi il n'est pas nécessaire d'épaissir préalablement les boues à une concentration de plusieurs dizaines de gMES.l⁻¹ car le temps de retour du percolat est suffisamment rapide. Une alimentation en boues à partir du bassin d'aération en phase d'homogénéisation (3 à 7 g MES.l⁻¹) est tout à fait adaptée et a été retenue.

3. EXPLOITATION

3.1 MISE EN SERVICE

3.1.1 Plantation des roseaux

Il est prévu au minimum **4 plants de *phragmites communis* (roseau commun) par m² de lit** soit 1 plantule tous les 50 cm dans les deux directions. Les roseaux peuvent être transplantés d'une roselière (zone humide, étangs, fossés d'irrigation) ou d'une autre step ayant des lits plantés (step de Rivière Salée dans notre cas). Il s'agit d'arracher les plants et de ne conserver que les racines et le début de la tige (jusqu'au premier noeud).



Plantation des jeunes pousses de roseaux

3.1.2 Entretien des roseaux jusqu'à la repousse

Il est essentiel de prévoir régulièrement un **arrosage des plants avec de l'eau épurée**, jusqu'à la repousse (pendant au moins un mois).

3.1.3 Premières alimentations en boue

C'est la période la plus sensible pour ce procédé. La quantité de boues qui peut être envoyée sur les lits dépend de la colonisation de rhizomes dans le massif filtrant. La pleine «maturité» sera obtenue après trois cycles de la végétation.

Pendant toute la phase de mise en service, il est important de surveiller le bon écoulement des percolats. Tout colmatage de la surface va se traduire par une mise en charge des lits avec une rapide fermentation anaérobie des boues préjudiciable à la survie des roseaux. L'apparition d'un début de colmatage doit conduire immédiatement à la mise au repos du lit le temps nécessaire au rétablissement de conditions d'aérobiose (écoulement rapide).

3.2 EXPLOITATION COURANTE

3.2.1 Choix d'une stratégie d'alimentation en boues

Notion de charge admissible moyenne

La charge limite permettant le dimensionnement des lits ne constitue pas en soi une dose maximale journalière qu'il ne faut pas dépasser. Sur un même lit, il est tout à fait possible de

doubler la dose journalière avec une journée de non-alimentation ou de tripler la dose avec deux journées de non-alimentation.

De manière générale, sur une période complète intégrant la phase de repos, la charge de dimensionnement ne doit pas être dépassée (rappel : 300 g MeS.m⁻².jour⁻¹).

Alimentation par bâchée

Comme pour la technique de traitement des effluents par percolation infiltration, il est essentiel d'assurer une **alimentation séquentielle (bâchée)** pour optimiser la circulation de l'air (effet de piston). Il s'agit de «napper» rapidement la surface du lit en cours d'alimentation pour permettre aussi l'homogénéité de la répartition.

Une bâchée correspond à une «hauteur d'eau» comprise entre 5 et 15 cm pour un temps d'extraction de 10 à 20 minutes. Le nombre total de bâchées dépendra du volume à soutirer (1 à 4 soutirages par jour). En choisissant un débit minimum de pompage de 0,25 m³.h⁻¹.m⁻² de lit ces contraintes seront respectées.

Rotation des lits

Pour les plus petites installations, dans un souci d'économiser les investissements et de simplifier l'exploitation, on pourra se contenter d'une alimentation d'un même lit pendant 2 à 3 jours. La rotation des lits s'effectue alors par jeu de vannes (opération manuelle), lors du passage de l'exploitant.

3.2.2 Consignes d'exploitation

L'exploitation courante consiste en une surveillance des lits, à la manoeuvre des vannes permettant la rotation des lits dans le respect du planning (lits en service, lits en repos).

Il faut essayer de favoriser une alimentation d'un nombre réduit de lits par jour pour permettre un réessuyage complet (non-alimentation pendant un à deux jours) de tous les lits en service.

Il faut prévoir au moins une semaine de mise au repos de chaque lit pour permettre de rétablir ses capacités de circulation de l'eau et de l'air (régénération). Ces cycles de rotation et de mise au repos sont à adapter sur chaque installation.

Il n'est pas nécessaire de prévoir un faucardage des plantes. Les tiges et feuilles «fanées» vont se coucher et donner une structure à la boue ce qui permet de faciliter la circulation de l'air et la production d'un compost (support carboné).

Il est facile d'obtenir une **moyenne de siccité supérieure à 30%** en respectant un temps de séchage de 3 à 4 semaines par lit et une rotation des lits bien organisées. Il est même possible **d'atteindre des siccités voisines des 40%** en pratiquant le technique du « chômage » pour un des lits ; ie nous avons prévu un lit supplémentaire dans le dimensionnement ce qui permet de laisser en permanence un lit en séchage au « repos » sur une durée plus longue (voir article A.Liénard de l'expérience Danoise en annexe).

3.3 PERFORMANCES ATTENDUES

3.3.1 Réduction du volume des boues

Le traitement des boues par rhizocompostage combine une phase de déshydratation (par drainage et évapotranspiration) et une phase de minéralisation (utilisation des matières volatiles des boues comme substrat par les roseaux). Lorsque les lits sont alimentés avec des

boues activées, une réduction du volume de boue supérieure à 97 % est généralement obtenue lors de l'étape de déshydratation.

Le contrôle de ce taux de réduction en cours de fonctionnement peut être effectué par le suivi de la hauteur du niveau de boue dans le lit. La hauteur est fortement liée au temps écoulé depuis le dernier apport en boues. Elle s'élève régulièrement dans le temps en raison de l'apport régulier de nouvelles bâchées de boues fraîches.

De manière générale, le niveau de boues dans le lit va monter d'environ 30 cm.an⁻¹ les premières années. Avec les réactions de stabilisation par compostage, il faut tabler pour une période de 5 à 7 ans (avant évacuation du compost), sur une **progression moyenne du niveau de boues de 20 cm.an⁻¹ (à charge nominale)**.

3.3.2 Elimination de l'eau

3.3.2.1 Vitesse de drainage

Comme il a déjà été précisé dans le paragraphe 1.2 , la vitesse de drainage d'un lit planté de roseaux peut atteindre $100 \text{ l.h}^{-1}.\text{m}^{-2}$ dans le cadre d'une alimentation par des boues activées.

3.3.2.2 Qualité des percolats

Matières en suspension et pollution carbonée

Déshydrater des boues induit forcément la production de retours en tête qu'il convient de traiter. Dans le massif filtrant d'un lit de rhizocompostage, les réactions sont à dominante aérobie. Aussi, les retours doivent être de très bonne qualité et vierges de tout produit de fermentation anaérobie (A.G.V.).

Les caractéristiques « classiques » des percolats sont donc les suivantes :

- **Redox** > **300 mV/EHN**,
- **DCO brute** < **150 mg.l⁻¹**,
- **DBO5_{ad2}** < **10 mg.l⁻¹**,
- **MES** < **100 mg.l⁻¹**.

Il faut donc souligner que sur le plan organique (DCO, DBO5) mais également minérale (MES) les filtrats qui retournent en tête de step sont de bien meilleure qualité que ceux des autres systèmes de déshydratation mécanique comme les table d'égouttage, filtre presse,... (MES pouvant aller jusqu'à 500 mg/L).

Pollution azotée

Du fait des réactions de stabilisation (compostage sur une longue durée) se déroulant dans le massif filtrant, on peut assister à un relargage de composés azotés (ammoniaque et nitrates) prouvant de façon certaine l'existence d'une flore nitrifiante.

Durant les cinq premières minutes de drainage, les percolats ont une très forte teneur en nitrates (< 80 mg.l⁻¹). Ces ions résultent de la nitrification de l'ammoniaque resté dans le massif filtrant depuis la dernière bâchée. Ils sont rapidement évacués.

Dans un second temps, les percolats contiennent essentiellement de l'ammoniaque. Celui-ci provient de la lixiviation des boues qui s'accumulent à la surface du lit. Cela explique la concentration élevée en ammoniaque (80 mg.l⁻¹) qui est beaucoup plus élevée que celle du surnageant des boues activées (autour de 15 mg.l⁻¹) pour une station traitant l'azote.

Par contre en fin d'écoulement, les conditions deviennent favorables à la nitrification. Une augmentation de la concentration en nitrates inversement proportionnelle à la baisse de la concentration en ammoniaque est alors observée.

3.3.3 Qualité des boues

Siccité

Le taux de capture des boues est supérieur à 98 %. En période d'alimentation, la siccité moyenne des boues dans les lits se situe à des valeurs proches de 30 %. Cette valeur est retrouvée dans la littérature (Liénard *et al*, 1995; Burgoon *et al*, 1997). Après mise au repos forcé (plusieurs semaines, par exemple lors de l'évacuation du compost) la siccité peut

atteindre **30 à 40 %** selon les conditions atmosphériques. Nielsen a estimé que la **siccité maximale serait de 50 %**.

Matières Volatiles

Du fait de l'important temps de séjour le rendement de stabilisation est supérieur à 60 % (abattement de 65 % des MVS). De ce fait la production de boues après «compostage» sera réduite d'environ 50 à 55 %.

Propriétés mécaniques

La présence dans le compost d'un réseau de rhizome creux (permettant la circulation de l'air et du percolat) va définir un indice de vide de plus de 60 %.

Valeurs fertilisantes

Les teneurs en azote et en phosphore du compost se situent dans les fourchettes suivantes :

- N/MVS = 9 à 10 %
- P/MVS = 2 à 2,5 %

3.4 CURAGE D'UN LIT

3.4.1 Extraction du compost

Il est important de planifier l'extraction du compost des lits (répartition sur plusieurs années) pour permettre d'assurer la continuité de service sur les autres ouvrages.

Le lit qui fait l'objet de la «vidange» est mis au repos pendant au moins deux semaines pour permettre un assèchement du compost.

L'opération d'extraction du compost s'opère à l'aide d'une pelle mécanique équipée d'un godet. Avec l'enlèvement du compost les plantes sont arrachées en ayant soin de laisser une couche de compost d'environ 20 cm.

3.4.2 Destination du compost

La mise en place d'un plan d'épandage est un préalable avant toute évacuation du compost quelle que soit sa destination. Il peut être envisagé une valorisation agricole sans risque de reprise des roseaux (plante aquatique) ou une mise en remblai dans des espaces verts.

3.4.3 Remise en service

La couche de compost encore présente dans les lits après extraction est colonisée par les rhizomes ce qui va permettre une repousse sans replantation. Il convient de prévoir une mise en charge progressive à partir des boues en excès.

4. ASPECTS FINANCIERS

4.1 COÛTS D'INVESTISSEMENT

Le coût d'investissement pour 8 lits plantés de roseaux correspondant à une surface de 900 m² est de (voir DPGF).

A titre de comparaison le coût d'investissement pour la solution de base par déshydratation mécanique par centrifugation donne un coût de (voir DPGF).

Les coûts d'investissement sont donc relativement similaires pour ces deux solutions très différentes aussi bien sur le plan technique de désydratation que sur les résultats des sous-produits.

4.2 COÛTS D'EXPLOITATION

Les coûts d'exploitation des lits plantés de roseaux se résument uniquement à l'extraction des boues lors de la phase de curage par engin de type tracto-pelle (ou pelleteuse avec une flèche plus ou moins grande selon la configuration des lits), le transport et le type de destination des boues déshydratées. Pour notre cas, nous admettons que ces dernières qui représentent du compost sont récupérés par des entreprises d'épandage et qu'il n'y a donc pas de coût associés au transport à comptabiliser.

Une politique de valorisation du compost doit être mise en place avec la commune qui peut aussi avoir des projets d'utilisation.

- Production de boues step 4500 eH à 60 g MS/eH.j à 30% de siccité : 328 t MS/an
- Calculs réalisés pour 5 ans :
 - Quantité sur 5 ans : 1640 t MS
 - Réduction de 55% par rhizocompostage avec densité de 1,5: 738 t MS ou 1107 m³
 - Hauteur sur les lits après 5 ans : 1,2 m
 - Volume évacué par jour par tracteur : 50 m³
 - Jour de tracteur : 22
 - Coût du tracteur / jour : 80 000 F CFP
 - Coût total : 1 774 000 F CFP
 - Coût MO sur 22 jours : 616 000 F CFP
 - Total tracteur + MO : 2 400 000 F CFP tous les 5 ans

Coût annuel exploitation des lits plantés de roseaux : **480 000 F CFP / an**

4.3 COMPARAISON DES FILIERES

En effectuant le calcul des coûts d'exploitation par centrifugation sur les même base de production de boues (voir détail en annexe) avec une évacuation des boues déshydratées à l'ISD de Gadji, nous arrivons à un coût annuel d'exploitation de : **12 300 000 F CFP/an**

Le même exercice avec les autres filières de déshydratation mécanique (filtre presse, filtre à bandes, ...) différentes donnerait un coût annuel d'exploitation similaire ou supérieure.

CONCLUSION

L'ensemble des informations trouvées dans la littérature indique clairement que le traitement des boues par rhizocompostage est une **technique fiable, simple, peu onéreuse (en terme de coût d'exploitation) et s'inscrivant complètement dans une politique de développement durable mise en avant par les communes**. Sa large application dans de nombreux pays (Europe du nord, Etats-Unis) ainsi que la réussite de nombreuses installations construites en France et en Polynésie montrent que cette technologie peut être appliquée sur l'ensemble des petites stations d'épuration et est complètement maîtrisée par Lyonnaise Des Eaux et par sa filiale CDE qui a déjà une unité en fonctionnement sur la step de Rivière Salée (voir photo page de garde).

Les avantages procurés par le rhizocompostage sont très nombreux :

- **Déshydratation puis stabilisation complète des boues par compostage**

Après 5 années, un compost ayant une siccité au moins supérieure à 30 % (voir photo ci-après) et une teneur en matières volatiles de l'ordre de 45 % est obtenu. Celui-ci peut être valorisé en agriculture d'autant plus qu'il présente une meilleure qualité sanitaire que les boues liquides. D'autre part, les retours en tête des percolats sont d'excellentes qualités et ne perturbent pas le bon fonctionnement de la filière traitement des eaux,



Aspect des boues après 3 à 5 ans

- **Facilité et faible coût d'exploitation**

Ce procédé nécessite très peu de main d'oeuvre. L'exploitant doit simplement manipuler quelques vannes pour assurer la rotation de l'alimentation des lits. Le système ne requiert pas d'automatisme compliqué ni d'énergie.

Le coût d'exploitation annuel (480 kF CFP/an) est **25 fois inférieur** à celui d'une déshydratation mécanique (centrifugation 12 300 kF CFP/an).



Lits de roseaux en cours d'extraction

- **Procédé « écologique » et aspect paysager intégré**

Aucun produit chimique n'est utilisé. Les roseaux offrent un élément esthétique positif pour l'environnement de la station et garantissent un label 100% écologique au procédé. Il est important de souligner qu'un traitement des boues mécanique génère normalement un déchet ou pollution qui sera envoyé vers l'ISD alors que ce procédé de séchage des boues par rhizocompostage permettra de valoriser ce sous produit de l'épuration en compost.

Il convient également de préciser que ce procédé constitué principalement de végétaux (roseaux) permet une **intégration plus naturelle dans le paysage**.

Ce système de désydratation par rhizocompostage nécessite certes une emprise au sol relativement importante mais la CDE a depuis longtemps étudiée et intégrée cette contrainte. C'est pourquoi nous avons conçu des lits plantés de roseaux en optimisant au maximum l'emprise au sol sur 900 m² seulement en tenant compte du contexte environnemental sensible que représente la mangrove.

Pour toutes les raisons évoquées ci-dessus, la CDE propose la solution de traitement des boues par rhizocompostage en solution de base et comme la meilleure alternative à une déshydratation mécanique afin de poursuivre sa politique « zéro déchet » et favoriser au maximum la réutilisation des sous-produits aussi bien solide que liquide de l'épuration.



Step de Bora-Bora avec traitement des boues par rhizocompostage



Lits plantés de roseaux en Australie (Queensland)

ANNEXE 3

Mémoire explicatif de la STEP de Boulari (Dimensionnement)

TERRITOIRE D'OUTRE MER
NOUVELLE CALEDONIE

COMMUNE DU MONT-DORE

Centre ville de BOULARI

CONCEPTION ET REALISATION DE LA NOUVELLE STATION D'EPURATION

4 500 Eq. Habitants

Affaire N° 06/039

SOLUTION DE BASE

MEMOIRE EXPLICATIF

SOMMAIRE

1. GENERALITES	3
1.1 <i>Objet de l'appel d'offres</i>	<i>3</i>
1.2 <i>Indications générales.....</i>	<i>4</i>
1.3 <i>Données de base.....</i>	<i>5</i>
2. LIMITES DE PRESTATIONS.....	7
3. TRAITEMENT PROPOSE.....	9
3.1 <i>Implantation</i>	<i>9</i>
3.2 <i>Déversoir d'orage</i>	<i>10</i>
3.3 <i>Dessablage amont.....</i>	<i>10</i>
3.4 <i>Relèvement des effluents</i>	<i>10</i>
3.5 <i>Prétraitements des effluents.....</i>	<i>10</i>
3.6 <i>Traitement biologique</i>	<i>11</i>
3.7 <i>Canal d'écrêtage des débits</i>	<i>12</i>
3.8 <i>Traitement physico-chimique.....</i>	<i>12</i>
3.9 <i>Traitement membranaire</i>	<i>12</i>
3.10 <i>Traitement des boues.....</i>	<i>16</i>
3.11 <i>Traitement des odeurs.....</i>	<i>16</i>
3.12 <i>Ouvrages complémentaires.....</i>	<i>17</i>
3.13 <i>Mesures de débit</i>	<i>18</i>
3.14 <i>Auto-contrôle</i>	<i>18</i>
3.15 <i>Asservissement</i>	<i>19</i>
4. Déversoir d'orage.....	21
4.1 <i>Appareillages.....</i>	<i>21</i>
4.2 <i>Hydraulique.....</i>	<i>21</i>
5. Dessableur amont	23
5.1 <i>Appareillages.....</i>	<i>23</i>
5.2 <i>Hydraulique.....</i>	<i>23</i>
6. Relevage général.....	25
6.1 <i>Appareillages.....</i>	<i>25</i>
6.2 <i>Dimensionnement.....</i>	<i>25</i>
7. PRETRAITEMENT DES EFFLUENTS.....	28
7.1 <i>Introduction.....</i>	<i>28</i>
7.2 <i>Mise en œuvre.....</i>	<i>29</i>
7.3 <i>Caractéristiques techniques</i>	<i>29</i>
7.4 <i>Fonctionnement du secours</i>	<i>30</i>
8. TRAITEMENT BIOLOGIQUE	32
8.1 <i>Introduction.....</i>	<i>32</i>

8.2 Réacteur proposé	33
8.3 Caractéristiques de fonctionnement	33
8.4 Bilans de l'azote.....	35
8.5 Besoins en oxygène par jour	38
8.6 Traitement du phosphore.....	39
9. DEPHOSPHATATION PHYSICO-CHIMIQUE	41
10. FILTRATION MEMBRANAIRE	44
10.1 Principes.....	44
10.2 Mise en œuvre et caractéristiques.....	48
10.3 Brassage et aération dans les cellules de filtration.....	49
10.4 Alimentation des Ultrabox.....	50
10.5 Pompes d'extraction des perméats / rétrolavage.....	51
10.6 Lavage des membranes	53
10.7 Neutralisation et vidange des ultrabox.....	54
10.8 Air comprimé.....	54
11. TRAITEMENT DES BOUES : rhizocompostage	57
12. POSTE TOUTES EAUX.....	59
13. AUTOMATISME - SUPERVISION – TELESURVEILLANCE	61
14. INSTRUMENTS DE MESURES	63
14.1 Mesure du pH et de la température	63
14.2 Mesure de redox.....	64
14.3 Mesure d'oxygène	65
14.4 Débitmètre électromagnétique.....	66
14.5 Préleveur automatique.....	67
14.6 Mesure de pression hydrostatique.....	68
14.7 Mesure de niveau ultra-son	69
15. Outil pédagogique et de COMMUNICATION	71
15.1 Phase chantier :	71
15.2 CIRCUIT PEDAGOGIQUE.....	73

1. GENERALITES

1.1 Objet de l'appel d'offres

Le présent appel d'offres a pour objet la conception et la réalisation de la station de traitement des eaux usées de la commune du MONT-DORE, quartier de BOULARI.

L'installation sera située sur un terrain mis à disposition par la collectivité du MONT-DORE à proximité de la zone d'équipements sportifs / stades.

La capacité de traitement de cette installation sera de **4 500 Equivalent Habitants**.

La filière retenue pour le traitement des effluents est celle des cultures libres par boues activées en aération prolongée **avec un traitement membranaire**.

La filière retenue pour le traitement des boues est une déshydratation des boues par **rhizocompostage**, permettant d'obtenir des boues à 30 % de siccité minimum.

1.2 Indications générales

Origine des effluents :

Les eaux usées à traiter sont constituées par des effluents d'origine domestique ou par des effluents compatibles avec un traitement biologique. Les eaux usées seront issues, à terme, de 5 bassins versants et du centre ville de Boulari, récapitulés dans le tableau ci-dessous :

	Charges à traiter en 2007 en EH	Charges à traiter en 2012 en EH	Charges à traiter en 2012 avec marge environ +20% sur zones urbanisées
zones urbanisées existantes			
Bassin 1 : Galinie		435	
Bassin 2 : Shangri-la		750	
Bassin 3 : St-Quentin (1 et 2)	950	950	
Bassin 4 : Babin (1 et 2)	445	445	
Bassin 5 : Hibiscus/Deray		1 405	
sous-total	1 395	3 985	4 782
Boulari CV	460	4 288	4 288
total	1 855	8 273	9 070
			total arrondi à 9 000 EH

Arrivée des effluents :

Les eaux usées sont acheminées jusqu'au site de la nouvelle station d'épuration par refoulement via le poste de relevage général situé le long de la route provinciale n°2 (futur accès). La conduite de refoulement prévue est en PVC pression PN10 DN250.

Rejet des effluents :

Le rejet des eaux traitées s'effectue vers le milieu naturel, la mer. Les hautes eaux sont admises à 1,90 m NGNC selon l'étude environnementale jointe au DCE.

L'exutoire choisit, compte tenu des **hautes performances épuratoires garanties par notre procédé, sera directement dans la Mangrove**, zone adjacente au terrain de construction de la station.

Terrain disponible :

Le terrain est situé à proximité des équipements sportifs / stades, proche du collège.

Les parcelles appartenant à la commune du MONT-DORE sont en cours de définition. Toutefois selon la réglementation du PLU, la parcelle de la future station est située en zone UAC.

Le terrain est bordé au Sud par une voie rapide (VDE) qui rejoint la route principale par un giratoire au Sud-Est du site, futur accès.

Evacuation des déchets :

- Refus de dégrillage / tamisage : évacués par les OM (ordures ménagères) vers les CET
- Boues : valorisation des boues désydratées sous forme de compost à définir ultérieurement avec la Commune du Mont Dore.

1.3 Données de base

1.3.1 Données hydrauliques

Le tableau ci-dessous récapitule le débit journalier, horaire moyen et horaire de pointe qui parviendront à la station.

Les données de base de dimensionnement sont reprises dans le tableau ci-dessous.

Les situations indiquées reprennent les données du DCE (initial) et les données selon la note SECAL du 24 octobre 2007, complémentaire au DCE (capacité définitive à 4 500 EH).

Situation	Unités	4 000 EH	4 500 EH
Volume journalier d'eaux usées	m ³ /j	960	1 080
Débit moyen	m ³ /h	40	45
Débit de pointe	m ³ /h	120	120
Débit de pointe sur le traitement biologique	m ³ /h	120	120

Nota : Ces données sont justifiées dans le cahier des garanties de notre offre.

1.3.2 Charges de pollution

Les charges polluantes journalières à traiter sont récapitulées dans les tableaux ci-après.

Paramètre	Unités	4 000 EH	4 500 EH (1)
DBO ₅	kg/j	240	270
DCO	kg/j	560	630
MES	kg/j	400	450
NTK	kg/j	60	67,5
Pt	kg/j	16	18

(1) Charge calculée à concentration constante

Le rapport de l'alcalinité de l'effluent, exprimé en masse de CaCO₃, à l'azote à nitrifier et dénitrifier n'est pas inférieur à 7 en moyenne journalière, le non-respect de ces conditions n'étant toutefois opposable que pour la teneur en azote de l'effluent rejeté.

1.3.3 Niveau de traitement requis :

Voir cahier des garanties joint au présent dossier.

1.3.4 Définition du domaine de traitement garantie :

Voir cahier des garanties joint au présent dossier.

2. LIMITES DE PRESTATIONS

Arrivée des effluents :

L'amenée des eaux brutes est prise en compte à partir du point de livraison en limite de propriété, où est prévue la réalisation du déversoir d'orage.

Rejet des effluents :

La canalisation de rejet est raccordée à un regard de rejet de l'installation jusqu'à la zone des Mangroves.

Adduction d'eau potable :

Elle est considérée prise en compte à partir du point de livraison précise sur le plan de masse de notre offre (limite de propriété), à débit et pression de service suffisants et conformes aux exigences du Cahier des charges communales.

Réseau OPT :

Le raccordement au réseau par fourreau est pris en compte depuis le point de fourniture indiqué sur le plan de masse remis dans notre offre (limite de propriété).

Le branchement de la ligne est à la charge du maître d'ouvrage.

Réseau ECC :

Les réseaux électriques sont pris en compte en aval du tableau de comptage situé au point de livraison précisé sur le plan de masse remis dans notre offre (limite de propriété). La fourniture et mise en place du coffret électrique de comptage et à la charge du service concessionnaire.

Les frais de raccordement au réseau HTA du service concessionnaire sont à la charge du maître d'ouvrage (demande de raccordement à réaliser par le client soit le maître d'ouvrage).

Les travaux de fourniture et pose du transformateur ne sont pas prévus dans notre offre et font partie d'un lot à part entière à charge du service EEC selon le DCE.

Accès à la station :

Les limites de prestations de la voirie extérieures sont définies sur les plans d'implantation joints au présent dossier.

Pendant toute la durée des travaux, l'accès est entretenu par l'Entrepreneur.

Avant le démarrage des travaux, un état des lieux préalable sera effectué par l'entrepreneur, avec un constat par huissier.

TRAITEMENT PROPOSE

3. TRAITEMENT PROPOSE

3.1 Implantation

Ouvrages :

L'implantation des ouvrages et des bâtiments de la station d'épuration de BOULARI, au centre de nos préoccupations, a été conçue pour une **gestion optimisée de l'espace disponible en occupant à peine 30% de la parcelle mise à disposition** et un phasage des travaux optimal avec sécurisation maximale du personnel et ce grâce aux réflexions communes avec tous les partenaires (Mandataire, Génie Civil, Architecte).

Les terrains mis à notre disposition présentent de mauvaises **caractéristiques de sol**.

Plusieurs contraintes du site ont guidé notre choix d'implantation :

- Structure et caractéristiques géotechniques du sol
- PHE à 1,90 m NGNC
- Minimiser ou éviter les remblais en zone de Mangroves
- Evènements pluvieux et venteux (climat tropical) à prendre en compte

L'ensemble de ces points nous a amené à :

- Réaliser une **station très compacte** avec un niveau de traitement conforme aux exigences du Cahier des charges
- Tenir compte de l'emprise en cas d'extension à 9 000 EH à court terme
- Proposer des esquisses de voirie d'accès optimisées pour la coordination avec le projet EEC
- Intégrer une architecture soutenue à notre projet associée à des aménagements paysagers et plantation pour une intégration optimale et un accueil agréable sur le site.

- **Optimisation de l'emplacement** disponible,
- **Intégration optimale** dans le site en tenant compte des aménagements paysagers à réaliser et l'insertion de zone de plantations et surface enherbées.
- **Haute qualité d'eau traitée** avec l'UltraFiltration permettant de **s'affranchir d'un traitement tertiaire de désinfection** pour l'arrosage et de **supprimer l'émissaire de rejet** dans le lagon,
- Traitement des boues par **lits plantés de roseaux** garantissant une **siccité > 30%**, un **faible coût d'exploitation** et « **zéro odeur** ».

- En résumé, une **conception de STEP « zéro déchet » avec 100% de l'eau traitée et des boues réutilisables**

Voiries :

L'accès sera réalisé depuis la route provinciale conformément aux demandes du cahier des charges complété par une note SECAL de précision pour l'accès du 2 octobre 2007.

Cet accès longe la parcelle réservée aux travaux EEC pour établir un accès commun et abouti sur le site d'implantation de la station.

La voirie d'accès à la station est conforme aux prescriptions en vigueur pour les véhicules lourds et est adaptée aux circulations des véhicules, y compris semi-remorque pour la livraison des consommables et évacuation des bennes à déchets.

Des zones de parking ont été délimitées pour l'accueil du personnel et de personnes extérieures à la station.

3.2 Déversoir d'orage

Comme stipulé dans le DCE, le Poste de Relevage (PR) ainsi que le dessableur seront équipés de déversoir d'orage (DO) permettant d'évacuer un débit supérieur ou égal au débit de pointe horaire de 160 m³/h. Un DO (conduite PVC DN250) sera installé au niveau du dessableur et du PR avec un raccordement à la conduite existante EP DN315.

3.3 Dessablage amont

Une unité de dessablage est incluse dans notre offre afin de protéger les installations avalées (pompes, diffuseurs d'air,...) des divers gravats et sables présents parfois dans le réseau EU.

Le dessableur permettra également et surtout de protéger les membranes d'UltraFiltration.

La quantité de sable récupéré est de l'ordre de 8 à 15 L/hab/an (temps sec).

Nous avons prévu un dessableur cylindro-conique d'une profondeur de 4,50 M.

3.4 Relèvement des effluents

En conformité avec le DCE, Le Poste de Relèvement à l'entrée de la STEP de Boulari aura une capacité pour une charge à 4500 eH mais le GC sera prévu pour l'extension à 9000 eH. Le PR sera donc équipé de 2 pompes submersibles 160 m³/h mais le dimensionnement du volume du PR sera calculé sur la base de 9000 eH. Le réglage des sondes de niveaux permettra d'optimiser le marnage dans le PR en fonction de l'évolution de la charge entrante de la STEP.

3.5 Prétraitements des effluents

Comptage des eaux brutes :

Le comptage des eaux brutes relevées vers la station est réalisé par débitmètre électromagnétique installé sur la colonne montante de refoulement.

Un préleveur d'échantillon est installé à proximité du tamis pour assurer les prélèvements.

Tamisage :

La mise en œuvre d'un traitement par système membranaire exige la plus grande qualité de fonctionnement de l'étape de prétraitements. **Afin de protéger l'intégrité des membranes, il est indispensable d'éliminer tous les matériaux fibreux par un tamisage fin des effluents.**

Nous prévoyons ainsi la mise en place de prétraitements combinés par deux tamis rotatifs installés à l'extérieur sur une dalle couverte, de caractéristiques :

- Deux tamis à mailles rondes de 0,8 mm, dont 1 de secours

Les tamis sont équipés d'une vis de compactage intégrée. Les refus de tamisage compactés, sont ensachés et stockés dans le conteneur (souplesse d'exploitation) de 660 L **placé dans un local fermé et désodorisé** sous la dalle des tamis.

Extension :

La gamme des tamis choisie et installée sur la station permettra d'assurer les prétraitements pour un débit unitaire de 180 m³/h soit, dans le cadre de l'extension à 9 000 EH un débit de pointe de 360 m³/h, la nécessité d'installation d'un seul tamis supplémentaire qui servira de secours (fonctionnement en 2+1).

3.6 Traitement biologique

Réacteur biologique :

Notre offre prévoit la création d'un **réacteur biologique d'un volume de 590 m³**.

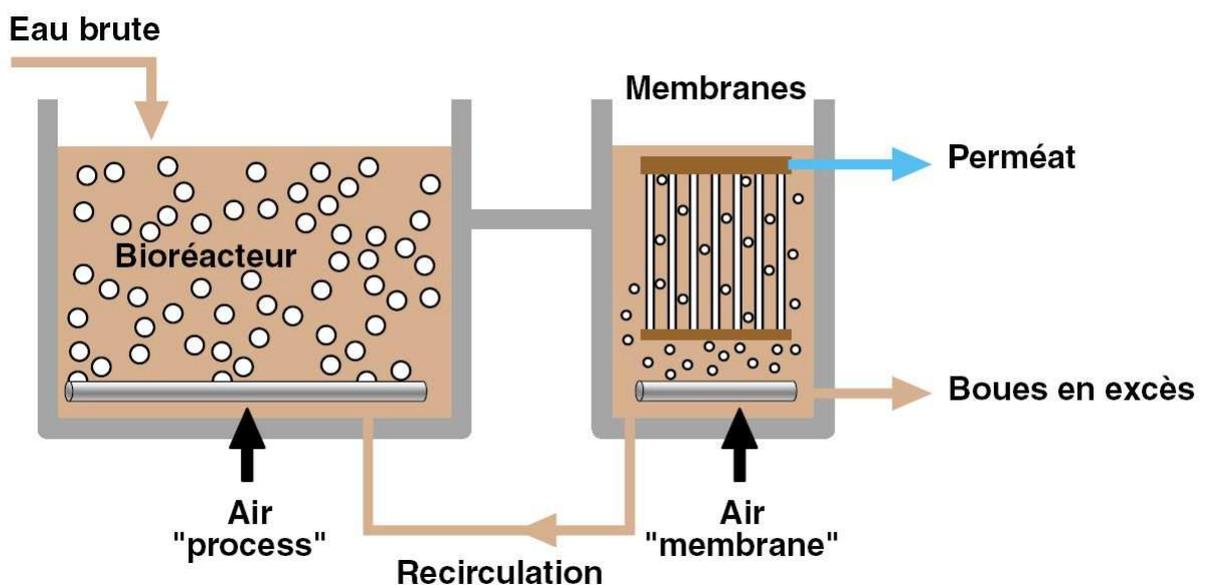
La zone aérée est équipée d'un dispositif **d'insufflation d'air** par membrane caoutchouc spécial eaux usées, alimenté par 2 surpresseurs insonorisés bi-vitesse dont un en secours asservis sur sonde Rédox ou O₂ ou sur cycles.

Un agitateur de type immergé assure le brassage des effluents pour un mélange homogène des boues.

La mise en œuvre de deux surpresseurs permet de fiabiliser le traitement.

Les **moteurs bi-vitesse** permettent une adaptation optimale du fonctionnement selon les charges.

La figure suivante montre le process utilisé pour votre station d'épuration.



L'ouvrage biologique est by-passable après les prétraitements.

Extension :

Dans le cadre de l'extension, le process biologique sera à adapter selon le projet d'extension ; toutefois nous vous avons fourni à titre indicatif (non contractuel) un plan représentatif de l'emprise nécessaire en cas d'extension à 9 000 EH.

3.7 Canal d'écrêtage des débits

Nous prévoyons la mise en place d'un canal d'écrêtage des débits en aval des prétraitements.

En effet, les débits de pointe de 160 m³/h seront prétraités et le débit de pointe et de dimensionnement du traitement biologique sera de 120 m³/h selon les données du Cahier des charges et la note SECAL du 24 octobre 2007.

Un dispositif d'écrêtage des débits par module à masque sera installé dans le canal d'écrêtage et permettra la limitation du débit à 120 m³/h vers le traitement biologique.

Le sur-débit de 40 m³/h sera quant à lui déversé directement vers le milieu naturel via une conduite de décharge DN400 prévue à cet effet. Cette conduite permettra également l'évacuation des effluents de by-pass général le cas échéant.

Extension :

L'écrêtage devra comporter un module de limitation des débits à 2 débits équivalents pour l'alimentation de chaque file de traitement biologique.

Il s'agit de compléter le système par un module à masque supplémentaire. Le module en place devra être révisé voir remplacé selon le projet d'extension.

3.8 Traitement physico-chimique

Pour la déphosphatation physico-chimique, nous prévoyons l'injection de chlorure ferrique par 2 pompes doseuses (dont 1 en secours), soutirant le réactif depuis 3 cubi-containers de 1 m³ (autonomie env. 30 jours).

Ces cubi-containers seront d'accès facile pour un remplissage par camion et de manutention simple par transpalette.

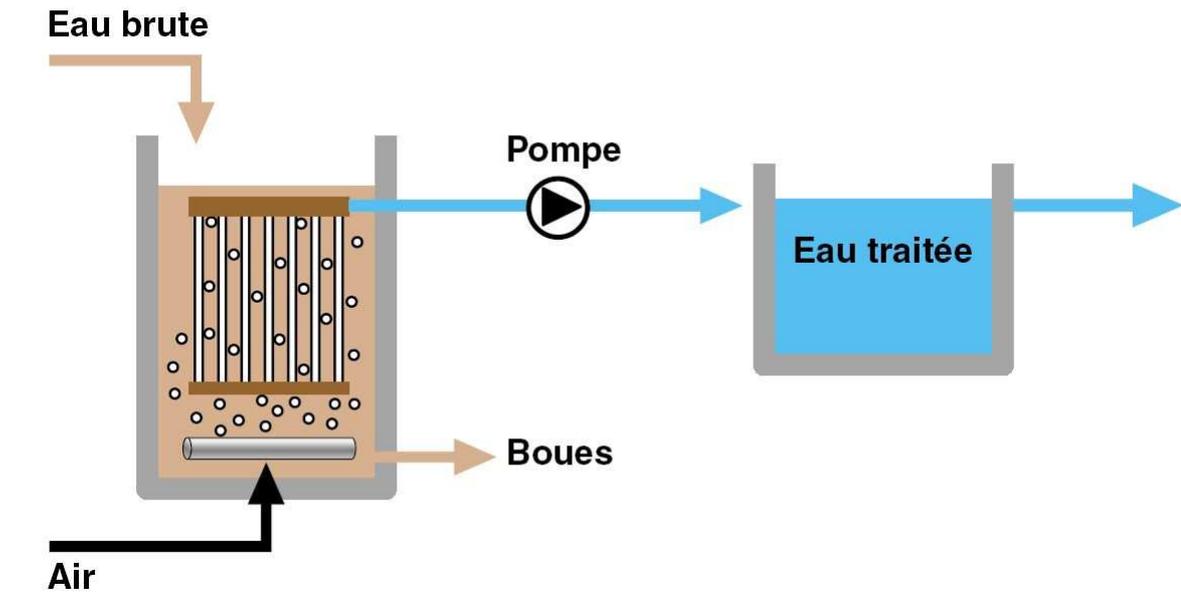
3.9 Traitement membranaire

Membranes de filtration :

L'installation membranaire assure les fonctions de clarification, filtration et désinfection en une seule étape dans les cassettes de filtration. Le seuil de coupure des membranes se situe à 0,040 microns, ce qui permet d'éliminer les bactéries, germes, et une grande partie des virus.

La mise en œuvre de cet équipement nous permet de vous garantir de meilleures normes de rejet en sortie de station, et **vous permet de vous affranchir des étapes de désinfection UV et de traitement tertiaire de filtration.**

La filtration membranaire est assurée par la mise en œuvre de 2 files de traitement, comprenant chacune une **cassette de 44 modules.**



Dispositif d'aération des membranes :

Le système d'aération des membranes est destiné à diffuser de l'air sous forme de grosses bulles à l'aide de rampes perforées intégrées aux cassettes juste en dessous des modules des membranes. Le but de cette aération est :

- De décolmater la surface des fibres par effet de cisaillement
- D'agiter les fibres
- De créer un mouvement d'eau par "spiral flow", ce qui permet de déconcentrer la boue présente dans le paquet de fibres en aspirant la boue moins concentrée venant de dessous.

L'aération des membranes est assurée par la **mise en place de 3 surpresseurs capotés** (dont 1 en secours) installés dans un local.

Chaque file est associée à un surpresseur, le troisième est installé en secours des deux autres.

Alimentation des Ultrabox :

L'alimentation des Ultrabox est assurée par **3 pompes (une par ultrabox)** dont une en secours d'un débit unitaire maximum de 463 m³/h. Les pompes sont équipées de **variateurs de vitesse** permettant d'asservir le débit d'alimentation en fonction du débit d'eau brute.

Il est prévu un **comptage du débit des boues par débitmètres électromagnétiques**.

Le débit de 463 m³/h permet une recirculation à 400% des débits d'entrée.

Recirculation :

La recirculation des boues s'effectue gravitairement depuis la surverse de trop plein des ultrabox vers la zone d'aération via un canal de recirculation associé à une conduite DN400 qui achemine les effluents recirculés vers l'arrivée des eaux brutes dans le bassin d'aération **pour un mélange optimal** et éviter l'aspiration en boucle des effluents du BA.

Recirculer les boues issues des ultrabox est nécessaire, d'une part pour maintenir une concentration suffisante dans le bassin biologique, et d'autre part pour assurer une perméabilité optimale des membranes.

Extraction des perméats / rétrolavage :

La filtration se fait par passage de l'eau à travers la membrane, de l'extérieur vers l'intérieur de la fibre, grâce à une différence de pression entre les deux parois de la membrane, créée par des pompes de succion (une par cassette), communiquant côté paroi interne et aspirant le liquide à filtrer. Ces sont les mêmes pompes qui assurent les débits de rétrolavage automatique des membranes depuis la bêche d'eau traitée.

Notre offre prévoit la mise en place de 3 pompes à lobes (une par ultrabox) dont une en secours de débit compris entre 0 et 93 m³/h fonctionnant en double sens et sur variateur de fréquence. Le débit des pompes est asservi au débit entrant sur la station.

Réactifs de lavage des membranes :

Le dispositif de membrane présente un colmatage potentiel dans le temps. Pour annuler cette baisse de rendement, il est prévu 2 niveaux distincts de lavage :

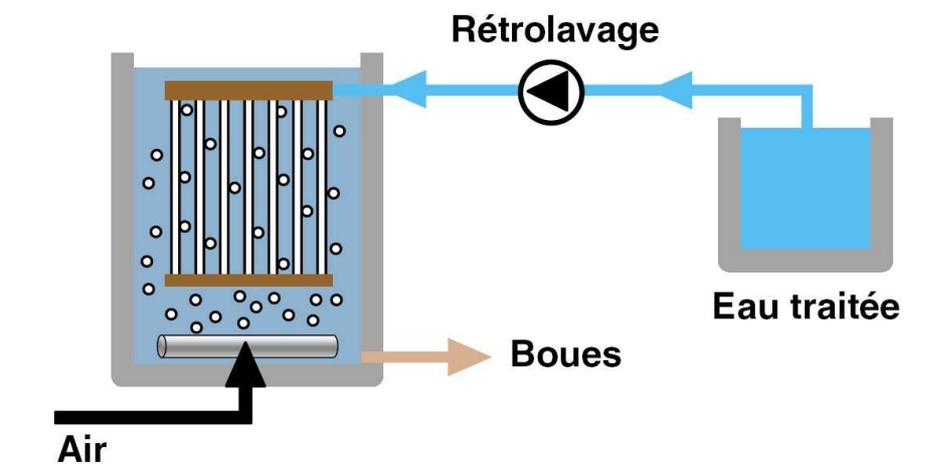
- Les **nettoyages de maintenance** (2 fois par semaine) pour prévenir le colmatage précoce de la membrane.
- Les **nettoyages de régénération** (2 à 3 fois par an) pour régénérer les membranes après une longue période d'utilisation.

Les nettoyages de maintenance se réalisent automatiquement durant la marche de l'installation. L'eau de lavage est additionnée de réactifs, **acide citrique et javel dilués et injectés en ligne** sur le refoulement des pompes de rétrolavage.

Les nettoyages de régénération également automatisés, utilisent aussi de l'eau de javel et de l'acide citrique mais à des concentrations plus élevées que les lavages de maintenance. La filtration doit être stoppée sur l'ultrabox concernée.

Suite au lavage de régénération, il est prévu une neutralisation des effluents de lavage dans l'ultrabox par **l'ajout de soude et de bisulfite de sodium**.

Une **pompe de vidange** dont une en secours en stock permet alors la vidange de l'ultrabox après neutralisation directement dans le bassin d'aération.



Pour assurer ces différentes étapes, notre offre prévoit la mise en place de cuves de 200 litres d'acide citrique et de javel dans un local. L'injection de ces réactifs sur les canalisations de rétrolavage est réalisée par l'intermédiaire de **2 x 2 pompes doseuses (dont une en secours)**.

Notre offre prévoit également la mise en place de cuve de stockage de 200 litres des réactifs de soude et de bisulfite de sodium dans ce local. Quatre robinets situés au niveau de chacune des ultrabox sur la plate-forme supérieure du bassin permettent l'acheminement des réactifs lors des lavages de maintenance par l'intermédiaire de 2 x 2 pompes doseuses (dont une en secours).

La conception de notre bâtiment a été pensée pour faciliter la mise en œuvre de fûts ou de cubi-containers, laissant ainsi le choix selon le mode de livraison possible sur l'île.

Bâche d'eau traitée :

L'eau issue de la filtration membranaire est amenée dans une bâche d'eau traitée dimensionnée selon les besoins de retro-lavage. L'eau traitée s'écoule par l'intermédiaire d'un trop plein DN300 vers la cuve de stockage arrosage de 150m³. Le trop plein de cette cuve est ensuite raccordé vers un bac d'eau traitée avec des galets disposé le long du local d'exploitation afin de pouvoir montrer lors des visites la qualité d'eau traitée. Ce bac sera relié au regard de rejet qui amène les effluents de sortie vers la Mangrove.

Comptage des eaux traitées :

Le comptage des effluents traités est assuré par un **débitmètre électromagnétique installé entre la bâche eau traitée et la cuve de stockage arrosage.**

Extension :

Dans l'optique d'extension, nous prévoyons l'emplacement disponible pour l'installation d'une cassette à membrane (Ultrabox) supplémentaire.

Ainsi les pompes de secours installées (recirculation et extraction perméats/rétrolavages) seront associées à cette troisième file de filtration.

Les pompes de secours seront à prévoir en caisse et stockée en atelier.

Pour l'extension, cette modification sans coût supplémentaire en GC permettrait d'assurer le traitement jusqu'à 5 000 EH en charge organique pour un phasage optimal à l'adaptation du traitement biologique et de filtration membranaire à 9 000 EH.

3.10 Traitement des boues

Extraction des boues :

Nous prévoyons une extraction des boues au moyen de deux pompes immergées dans le bassin d'aération de marque FLYGT, type CP 3085 438, avec un débit nominal de 40 m³/h à 3 mCE.

L'évacuation des boues sera contrôlée par démarrage automatique ou manuelle. L'opérateur devra cependant s'assurer du choix d'un lit de séchage et de l'ouverture de la vanne ¼ de tour à l'entrée du lit préalablement au démarrage des pompes à extraction.

Déshydratation des boues :

Lits de séchage plantés de roseaux : voir note technique sur le rhizocompostage à la suite de ce document.

Extension :

L'extension à 9000 eH a été étudiée. L'emprise au sol de la 2^{ème} tranche de lits plantés de roseaux (900 m²) est visible dans le dossier Plans Boulari « Boulari extension ».

3.11 Traitement des odeurs

Notre offre ne nécessite pas de système de désodorisation pour les raisons suivantes :

- Les refus de prétraitement sont compactés et ensachés dans un local ventilé,
- Les boues sont déshydratées par rhizocompostage garantissant « zéro odeur ».

3.12 Ouvrages complémentaires

Bâtiment d'exploitation :

La station de traitement des eaux usées est conçue de façon à ce que l'ensemble des ouvrages fonctionnels (sujets à l'intervention de personnel exploitant) soit couvert.

Nous avons alors conçu ce bâtiment **en « bloc » compact** pour faciliter la gestion au quotidien de l'installation par le personnel. Le bâtiment est constitué des locaux suivants :

Au sous-sol, accessible via des escaliers et rampe d'accès :

- Local de pompage (pompes de recirculation, d'extraction des boues et vidange ultrabox)

Au rez-de-chaussée :

- Local surpresseurs
- Local électrique
- Local réactifs/atelier/remise/bennes à déchets
- Local d'exploitation comprenant :
 - commande/supervision/réunion
 - Laboratoire
 - Sanitaires/Vestiaires/Douches

A l'étage :

- Prétraitements couverts
- Accès via une passerelle aux cassettes à membranes, couvertes

Nota : la disposition des locaux pourra être revue pour permettre une meilleure prise en compte du risque de houle cyclonique, et selon les souhaits du maître d'ouvrage.

-

Poste toutes eaux :

Création d'un poste toutes eaux équipé de 2 pompes de 35 m³/h dont une pompe en secours, pour le relèvement des filtrats vers les tamis, y compris les eaux usées des locaux d'exploitation et eaux de lavage.

3.13 Mesures de débit

Nous prévoyons l'installation de mesures de débit pour les flux suivants :

- Par débitmètre électromagnétique :
 - Effluents bruts, sur la conduite de refoulement en amont du tamisage
 - Poste toutes eaux, sur la conduite de refoulement en amont des tamis
 - Extraction des boues en excès vers les lits plantés de roseaux
 - Recirculation des boues, sur la conduite de refoulement
 - Eaux traitées sur la conduite vers la réservoir arrosage
- Par lame déversante :
 - Effluents by-passés au niveau du trop plein du caniveau d'écrtage des débits, par mesure sur seuil déversant
- Par compteur :
 - Eau industrielle, sur la conduite de refoulement
 - Eau potable, sur la conduite d'arrivée

3.14 Auto-contrôle

Conformément au cahier des charges, notre offre prévoit la mise en place de **préleveurs d'échantillons réfrigérés, thermostatés, multi flacons** :

- Préleveur automatique fixe - pour l'effluent brut, installé en amont des tamis rotatifs et en amont des retours en tête
- Pour l'effluent traité, installé au niveau de la bêche d'eau traitée ou du réservoir arrosage

Notre offre prévoit également la possibilité de réaliser des prélèvements manuels sur les boues recirculées (vannes $\frac{1}{4}$ de tour installées sur les conduite pour prise d'échantillons).

3.15 Asservissement

L'asservissement sera assuré par **deux automates programmables** pilotant la filière de traitement de l'eau et la filière de traitement des boues.

Ces automates communiquent avec une baie de disques durs à **sauvegarde automatique**.

Notre offre prévoit également l'installation en salle de contrôle d'un micro-ordinateur équipé des logiciels et périphériques nécessaires (écran couleur, lecteur CD-ROM, imprimante jet d'encre couleur...).

La supervision est assurée par l'intermédiaire d'un micro-ordinateur équipé d'un logiciel de supervision **TOPKAPI Vision** (contrôle-commande).

La télésurveillance est assurée par un SOFREL S550.

Le logiciel de supervision TOPKAPI Vision est un logiciel propre à France Assainissement, incontournable dans le traitement de l'eau et développé pour une gestion simple, efficace et optimale des ouvrages de traitement.

DEVERSOIR D'ORAGE

4. DEVERSOIR D'ORAGE

Le poste de relevage des eaux usées à l'entrée de la parcelle de la step (voir plan masse) est équipé d'un Déversoir d'Orage (DO) dimensionné pour évacuer un débit de pointe horaire supérieur à 160 m³/h pour permettre de prétraiter un débit au moins égal à ce dernier (cf. PFD et note complémentaire SECAL du 24/10/07).

4.1 Appareillages

Le dessableur et le poste de relevage sont équipés chacun d'un DO comprenant une évacuation en PVC EU gravitaire DN250 (voir plan Dessableur-Poste de Relevage STEP Boulari 4500 eH).

4.2 Hydraulique

Le fil d'eau DO du dessableur et du PR est situé à la côte – 0,30 NGNC avec une arrivée gravitaire des eaux usées à – 0,50 NGNC (courrier SECAL du 23/11/07).

Les deux DO sont raccordés à la conduite PVC DN300 EP existante en bordure de parcelle.

DESSABLEUR AMONT

5. DESSABLEUR AMONT

Pour le dimensionnement du dessableur, nous avons pris une charge superficielle de $50 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$ pour un débit de pointe basé sur l'extension à 9000 eH, soit $270 \text{ m}^3/\text{h}$. Le rendement sera de l'ordre de 90% de rétention de grains d'une taille supérieure à 0,2 mm :

- **Surface = $Q_p (\text{m}^3/\text{h}) / 50 (\text{m}^3/\text{h})$**

On obtient ainsi une surface spécifique de **5,4 m²**. Cela correspond à un diamètre de 2,60 m.

Le fil d'eau d'arrivée des EU étant à la côte – 0,50 NGNC et la côte terrain NGNC du futur ouvrage étant à 2,50 NGNC ; nous avons prévu une cuve cylindro-conique béton à une profondeur de 4,50 m.

Le curage des sables sera réalisé de façon régulière par hydrocureuse.

5.1 Appareillages

- **1 cuve cylindro-conique en béton armé enterrée**

- Diamètre : 2,60 m
- Profondeur : 4,50 m

5.2 Hydraulique

Raccordement de la cuve béton cylindro-conique en PVC EU DN 250 au réseau EU (côte fe = -0,50 NGNC).

RELEVAGE GENERAL

6. RELEVAGE GENERAL

Le poste de relevage permet collecter l'ensemble des effluents arrivant gravitairement ou sous pression du réseau d'eaux usées de la Commune de Boulari et de les relever vers les prétraitements de la station d'épuration. Ce PR est muni de 2 pompes dont une en secours de débit unitaire 160 m³/h. Ces pompes sont équipés de variateur de fréquence pour limiter les à-coups hydrauliques. L'asservissement des pompes est réalisé avec la mesure de débit eau brute.

Le fonctionnement du poste sera asservi en continu aux mesures de niveaux dans celui-ci. Le poste sera équipé d'une mesure de niveau Ultrasons et de deux poires de niveaux de sécurité (NTB & NTH) pour protéger les pompes.

Extension future :

En extension future, une pompe supplémentaire de 200 m³/h sera prévue pour relever les débits souhaités. Le secours sera assuré par le remplacement d'une pompe existante par une pompe 200 m³/h.

6.1 Appareillages

- **1 cuve rectangulaire de volume total 40 m³ (volume utile 11 m³) en béton armé**
 - Largeur : 3,00 m
 - Profondeur : 4,50 m
- **2 pompes submersibles :**
 - Marque Flygt
 - Type NP 3127 MT 437
 - Débit nominal 160 m³/h
 - Hmt 9 mCE
 - Puissance 5,9 kW
- **Accessoires de manutention : 7m de chaîne charge maxi. 200 kg, manilles et crochet + 2x3 m barres de guidages inox**
- **2 sondes ultrasonic Siemens NH & NB et sécurité par poire de niveau (NTH et NTB)**

6.2 Dimensionnement

Le poste de relevage est dimensionné sur la base extension 9000 eH en ce qui concerne le Génie Civile, soit un débit de pointe horaire de 270 m³/h. L'équipement de pompage se base sur une charge de 4500 eH, soit un débit de pointe horaire de 160 m³/h.

Le volume utile exigé de la bêche de refoulement entre le niveau démarrage du 1^{er} groupe de pompage et le niveau d'arrêt des groupes est donné par la formule :

$$V \text{ (m}^3\text{)} = [(Q_p \times T) / 4 \times n] \times 3600$$

Avec T/n : exprimé en fraction d'heure représente la période minimale séparant deux démarrages ; Flygt recommande une fréquence de 1/6, ie 6 démarrages par heure.

$$\text{Ainsi, } V = (270 \times 6) / 4 \times 6 = \mathbf{11,25 \text{ m}^3}$$

La côte de terrain d'emplacement du futur PR est à 2,50 NGNC avec une côte fil d'eau à -0,50 NGNC. A partir de ces données, nous proposons une bêche de relevage de profondeur 4,50 m avec une hauteur de marnage d'environ 1,25 m, soit un volume utile de $1,25 \times 3,00 \times 3,00 = 11,25 \text{ m}^3$ correspondant bien aux exigences du dimensionnement et un temps de séjour moyen dans le poste de 2,5 mn.

PRETRAITEMENTS

7. PRETRAITEMENT DES EFFLUENTS

7.1 Introduction

La mise en œuvre d'un procédé membranaire exige la plus grande qualité de fonctionnement de l'étape des prétraitements. Afin de protéger l'intégrité des membranes, il est indispensable d'éliminer tous les matériaux fibreux par un tamisage fin des effluents.

Le prétraitement comprend :

- **2 tamis de marque EAU CLAIRE, dont 1 en secours intégral**

Notre choix s'est porté sur un tamisage fin pour les raisons suivantes :

- C'est un procédé à mailles de passage faibles (0,80 mm). Les mailles sont circulaires et ne sont pas des fentes. Les fentes laissent passer les éléments allongés, comme par exemple les fibres ;
- C'est un procédé qui présente de faibles pertes de charge ;
- Son exploitation est simple et fiable ;
- Le lavage à l'eau recyclée est intégré.

Les tamis sont des appareils **simples, silencieux et compacts**. Ils sont entièrement capotés ce qui améliore la sécurité et diminue les problèmes d'odeurs.

Ils présentent un ensemble ergonomique, assurant une reprise **hygiénique** des déchets. L'exploitant n'a ainsi qu'un seul déchet à gérer et à évacuer aux ordures ménagères.

Les tamis sont installés à l'extérieur sur dalle couverte.

Les déchets sont stockés en containers installés dans un local fermé et ventilé, situé juste en dessous des tamis au rez-de-chaussée.



Installation extérieure d'un tamis avec compacteur intégré

7.2 Mise en œuvre

Les deux tamis sont installés sur une dalle haute en béton, couverte et d'accès direct depuis le local de commande. Les tamis rotatifs sont équipés **d'une vis de compactage intégrée** à chaque appareil.

La vis de compactage installée assurera le convoyage et le compactage des refus vers une goutlotte commune d'amenée des déchets vers l'ensacheur situé en son extrémité.

Les déchets ensachés sont stockés dans **deux containers de 660 l**, placés dans un local fermé et ventilé, situé sous la dalle des tamis.

Les tamis peuvent admettre 100 % du débit maximum admissible, soit 160 m³/h fiabilisant ainsi le procédé de prétraitement.

Nous ne prévoyons pas de by-pass des tamis, mais **l'installation d'un secours intégral**, ce qui garantit la fiabilité du traitement membranaire.

Les eaux brutes prétraitées transitent dans un canal d'écrêtage des débits où un module à masque permet de limiter le débit du traitement biologique à 120 m³/h.

Le sur-débit est envoyé directement en milieu naturel par l'intermédiaire d'une conduite de trop plein prévu à cet effet. Cette conduite sert également de by-pass si nécessaire.

Toutefois, sur votre demande, nous pouvons prévoir un dispositif d'écrêtage permettant la limitation au débit maximum de 160 m³/h pendant 1 jour par semaine et par mois. En effet, **le processus de traitement biologique et de filtration membranaire installé permet de traiter un débit allant jusqu'à 160 m³/h pendant 1 jour par semaine et par mois.**

7.3 Caractéristiques techniques

Tamisage :

Tamis principal		
Type		Rotatif à maille
Nombre	-	2
Débit admissible nominal	m ³ /h	120 à 160
Débit maximum	m ³ /h	200
Diamètre du tambour	mm	800 mm
Longueur du tambour	mm	2 000 mm
Perforation – trous ronds	mm	0,80
Seuil de coupure	mm	0,40
Débit eau de lavage du Tambour filtrant	m ³ /h	2,60
Pression d'eau de lavage nécessaire	bars	5
Tambour filtrant		
Puissance installée / absorbée	kW	0,75 / 0,70
Temps de fonctionnement en Temps sec	h	9 et 6,75
Compacteur à vis		
Puissance installée / absorbée	kW	0,75 / 0,70
Temps de fonctionnement en Temps sec	h	9 et 6,75

7.4 Fonctionnement du secours

Les deux tamis sont installés en parallèle, avec vannes d'isolement prévues en amont. Chaque tamis est alors by-passable par ce jeu de vannes, les effluents étant alors dirigés en totalité vers le second tamis.

En cas de colmatage d'un tamis, la bride de trop-plein est raccordée à la bride d'alimentation du second tamis, et vis et versa.

Les deux tamis sont équipés de sonde de niveau, activant une alarme en cas de colmatage anormal.



Tamis avec compacteur intégré

TRAITEMENT BIOLOGIQUE

8. TRAITEMENT BIOLOGIQUE

8.1 Introduction

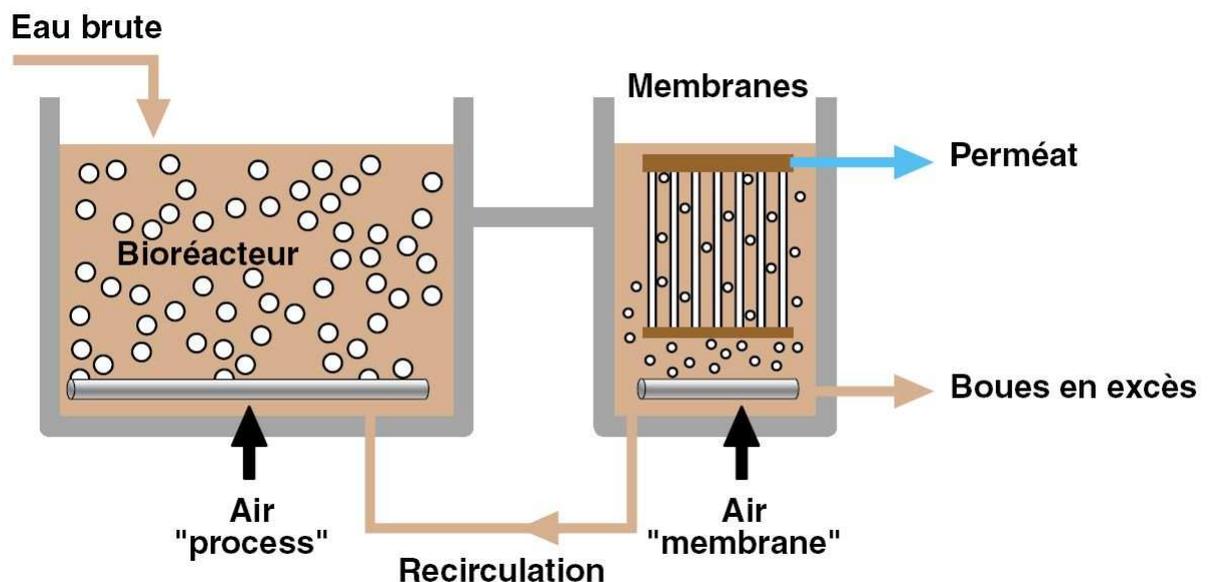
Le traitement par bioréacteur à membranes organiques s'effectue en deux étapes :

- Un traitement biologique,
- Une filtration membranaire sur 2 lignes, en lieu et place de la clarification conventionnelle et d'une éventuelle désinfection UV et traitement tertiaire du phosphore.

Le traitement biologique s'effectue suivant le même process qu'une station en boues activées classique.

Pour plus d'ergonomie, le traitement biologique s'effectue dans une zone distincte de la filtration membranaire. C'est au cours du traitement biologique qu'ont lieu les réactions de nitrification, de dénitrification, d'oxydation de la DBO (Demande Biochimique en Oxygène) et d'élimination du phosphore, par voie biologique et physico-chimique.

Les différentes zones nécessaires au traitement grâce à leur recirculation associée travailleront à des concentrations en boues différentes. Il existera donc une recirculation des liqueurs mixtes afin d'éviter la concentration trop importante de ces dernières à proximité des membranes.



L'intérêt de cette configuration est :

Technique

- Eviter l'introduction d'air dans le bassin d'aération lors des phases anoxiques,
- Optimiser les conditions d'aération des membranes dans un volume dédié,
- Maîtriser le gradient de concentration des boues par les pompes de recyclage.

Ergonomique

- Simplifier les opérations d'entretien

8.2 Réacteur proposé

Les eaux brutes, après prétraitement, arrivent dans une zone d'aération de 590 m³.

Le bassin d'aération est de forme rectangulaire, de façon à s'intégrer pleinement dans le bâtiment prévu.

Les ouvrages sont également conçus dans l'optique d'une **accessibilité simple** et d'une **exploitation optimisée**.

Caractéristiques	Unités	
Longueur	m	11,80
Largeur	m	9,10
Hauteur liquide	m	5,50
Volume participant au processus biologique	m ³	590

8.3 Caractéristiques de fonctionnement

Caractéristiques	Unités	
Volume de bassin	m ³	590
Volume nominal des ultrabox	m ³ /U	25
Volume maxi des ultrabox	m ³ /U	30
Concentration en MS dans les bassins	g MS/l	6,4
Concentration moyenne en MS dans les ultrabox	g MS/l	8
Charge volumique	kg DOB ₅ /m ³ .j	0,42
Charge massique (MS)	kg DOB ₅ / kgMS.j	0,07
Charge massique (MV)	kg DOB ₅ / kgMV.j	0,13

Production des boues biologiques :

La production de boues dans le système est issue :

- des matières minérales présentes dans l'effluent brut
- des matières organiques non bio-dégradables (cellulose)
- de la masse de bio-organismes formée lors de l'élimination de la pollution carbonée et azotée.

Caractéristiques	Unités	
Poids des boues biologiques	kg/j	246
Pourcentage des MVS dans les boues biologiques	%	60
Poids des boues physico-chimiques	kg/j	51
Pourcentage des MVS dans les boues physico - chimiques	%	0
Poids total des boues à traiter théorique	kg/j	297
Poids total de boues à traiter réel (coef 0,9)	kg/j	267
Pourcentage des MVS dans les boues à traiter	%	50

Age des boues dans l'aération :

Le taux de croissance des bactéries assimilant la pollution carbonée est plus élevé que celui des bactéries nitrifiantes. Il faut donc privilégier le développement des bactéries nitrifiantes.

Pour cela, il convient d'assurer un temps de séjour des boues dans le système supérieur à la vitesse de croissance des bactéries nitrifiantes.

Température :

La température des effluents prise en compte est de **25°C**, l'âge des boues nécessaire devant être de 8 jours minimums pour un système biologique en fonctionnement.

Caractéristiques	Unités	
Age de boues sur volume biologique global	j	13,9
Temps de séjour hydraulique (*)	h	14,2
Température de l'effluent	°C	25

$$(*) : T_{ps} = \frac{\text{volume}_{total}}{\text{Débit}_{moyen}_{journalier}} = \frac{590 + 50}{1080/24} = 14,2h$$

8.4 Bilans de l'azote

Nitrification :

Les micro-organismes responsables de l'oxydation de l'ammoniaque (nitrification) appartiennent à deux groupes très spécifiques :

- Nitrosobactéries (genre Nitrosomonas) : oxydation de l'ammoniaque en nitrite
- Nitrobactéries (genre Nitrobacter) : oxydation du nitrite en nitrate

Ces micro-organismes sont strictement aérobies mais sont surtout caractérisés par un métabolisme autotrophe vis à vis du carbone, c'est à dire qu'ils synthétisent leur matière vivante à partir de carbone minéral (carbonates).

Ce métabolisme particulier entraîne un temps de génération (temps nécessaire au doublement de la population) très long (de l'ordre de 15 heures sous des conditions de croissance optimales contre 0,5 à 2 heures pour les bactéries hétérotrophes dégradant la pollution carbonée).

Ce faible taux de croissance va impliquer un âge de boues important pour que les populations nitrifiantes se maintiennent.

D'autre part, ces micro-organismes sont mésophiles (optimum vers 30°C) et vont donc être extrêmement sensibles aux baisses de température surtout en ce qui concerne leur vitesse de croissance. Ainsi, une population préexistante pourra maintenir une activité nitrifiante correcte lors d'une baisse de température (<10°C), par contre il est très difficile de générer de nouvelles bactéries.

Le NTK à éliminer dans le système est la différence entre le NTK de l'eau brute et le NTK admis au rejet.

L'azote à nitrifier est la différence entre l'azote entrant dans le système et la somme de l'azote assimilé par les bactéries, l'azote non nitrifié au rejet, l'azote résiduel dur et de l'azote particulaire.

Caractéristiques	Unités	
N-NTK à traiter		
- Flux ①	kg/j	68
- Concentration	mg/l	63
N-NTK non nitrifiable ②	kg/j	2,00
N-NH4 au rejet ③	kg/j	1,08
N-NTK assimilé par les bactéries④	kg/j	12
N à nitrifier ⑤= ① - ② - ③ - ④	kg/j	47,92
Cinétique maximale de nitrification	g N-NTK/kg MVS.h	4,26
Cinétique de nitrification retenue	g N-NTK/kg MVS.h	2,11

En considérant une cinétique de nitrification à 25°C, cette quantité d'azote sera nitrifiée dans le réacteur biologique en phase d'aération.

Cinétique de nitrification	g N-NTK/kg MVS.h	2,11
Quantité de MVS en aération	kg MVS	253
Azote à nitrifier	kg/j	47,92
Temps de nitrification (aération) nécessaire	h/j	12,45
Temps d'aération réel	h/j	12,55

Dénitrification :

La dénitrification par voie biologique hétérotrophe est une réduction du nitrate en azote gazeux via une série d'intermédiaires :



Les nitrates jouent le rôle d'accepteur final d'électrons à la place de l'oxygène. Cela reste donc un métabolisme aérobie malgré la stricte absence d'O₂ dissous.

Ainsi la dénitrification hétérotrophe nécessite pour se réaliser la présence de pollution carbonée qui peut être puisée directement dans l'eau brute ou ajoutée (éthanol, méthanol, etc.). En outre, une dénitrification dite endogène peut se mettre en place basée sur la seule demande en oxygène des boues pour maintenir leur métabolisme. Il est évident que cette dernière voie se traduira par des cinétiques plus faibles que celles obtenues sur source carbonée, cependant, elle est d'une importance majeure dans l'efficacité des stations d'épuration.

Les micro-organismes impliqués :

Les micro-organismes impliqués dans la dénitrification appartiennent aux principaux genres bactériens hétérotrophes. Ainsi les genres Acinetobacter, Pseudomonas, Alcaligenes, Bacillus ou Moraxella très fréquents dans les boues activées ont une activité dénitrifiante.

Cette abondance de germes impliqués permet d'assurer la dénitrification dans une vaste plage de conditions de l'environnement:

- Température de 0 à 70°C
- pH de 6,5 à 8,5
- Age des boues variable

La principale contrainte est liée au maintien d'une concentration en oxygène dissous nulle. En effet, l'oxygène intervient à la fois en compétition avec le nitrate comme accepteur final d'électron et en inhibiteur du système "nitrate respiratoire".

L'azote global en sortie est composé de NTK non nitrifié et de nitrates.

Azote global admis au rejet	kg/j	15
Azote total Kjeldhal au rejet	kg/j	1,0
N-NO ₃ au rejet	kg/j	14

L'azote à dénitrifier est la différence entre N-NO₃ dans le réacteur et le N-NO₃ admis au rejet.

N-NO ₃ dans le réacteur	kg/j	53
N-NO ₃ admis au rejet	kg/j	14
N-NO ₃ à dénitrifier	kg/j	39

Dénitrification en zone aérée :

Vitesse de dénitrification	g-N-NO ₃ /kg MVS.h	2,29
Quantité de MVS en aération	kg MVS	253
Temps de dénitrification (arrêt de l'aération) nécessaire	h/j	10,85
Temps d'arrêt réel en aération pour assurer la dénitrification	h/j	12,55

Vérification des cycles oxygénation/anoxie dans la cellule endogène :

Aérobie	h/j	12,55
	nb. cycles	6
	h / cycle	2,09
Passage en Anoxie	h/j	0,6
	nb. cycles	6
	h / cycle	0,1
Anoxie stricte	h/j	10,85
	nb. cycles	6
	h / cycle	1,80
Total	h/j	24

Les cycles retenus permettent des temps d'aération et d'anoxie stricte supérieurs à ceux nécessaires pour respecter les normes de rejets, ceci permet de fiabiliser le traitement.

8.5 Besoins en oxygène par jour

Les besoins en oxygène réclamés par l'élimination de la pollution carbonée et azotée se décomposent en :

- Besoins nécessaires à la synthèse cellulaire de micro-organismes, proportionnels à la masse de la pollution carbonée assimilée,
- Besoins consommés pour l'énergie d'entretien des micro-organismes présents dans le réacteur biologique appelés consommation par respiration endogène,
- Besoins nécessaires à l'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrates au cours de la phase de nitrification.

Quantité O ₂ pour éliminer la pollution carbonée	kg/j	180
Quantité O ₂ pour respiration endogène	kg/j	228
Quantité O ₂ pour nitrification	kg/j	240
Quantité récupérée pendant la dénitrification	kg/j	123
Quantité O ₂ totale à fournir hors membrane	kg/j	525
Quantité O ₂ récupérée du système membranaire	kg/j	82
Besoins effectifs journaliers	kg/j	443
Quantité O ₂ en pointe à fournir	kg/j	41
Quantité O₂ en pointe installée	kg/h	46
Temps fonctionnement	h/j	12,55
Quantité O ₂ totale à fournir	kg/j	443
Quantité O ₂ totale en pointe installée	kg/j	577,30

Dispositif de diffusion d'air :

Type de diffuseurs : membranes caoutchouc type FLEXAZUR-T par paires de 1,50m de long sur antennes relevables.

Rendement des diffuseurs (*)	%	26,80
Capacité d'oxygénation en conditions standards (pour 1 Nm ³ d'air contenant 300 g d'oxygène)	g/Nm ³	80,42
Coefficient de transfert		0,48
Capacité d'oxygénation dans les conditions réelles	g/Nm ³	38,6
Volume air à fournir à pleine charge	Nm ³ /j	14 956
Volume d'air à fournir en pointe	Nm ³ /h	1 192
Débit d'air retenu pour les surpresseurs	Nm ³ /h	1 195
Temps de fonctionnement surpresseurs	h/j	12,55
Nombre de FLEXAZUR	u.	138
Nombre de paires	u.	69
Nombre d'antenne	u.	3

(*) à 5,25 m de hauteur d'eau totale.

Le relevage d'une antenne de diffuseurs d'air s'effectue par grutage sans nécessité d'arrêt du reste de l'installation, les surpresseurs et les membranes étant dimensionnés pour assurer 100% du débit avec 2 rampes installées sur 3.

Dispositif de production d'air retenu :

Type		suppresseurs AERZEN
Nombre	u.	2 dont 1 en secours
Débit à 675 mbars	Nm ³ /h	1 195
Puissance installée / absorbée aux bornes	kW unit	45 / 39
Temps de fonctionnement	h/j	12,55

Les surpresseurs sont capotés individuellement et installés dans un local.

Asservissement : sur sonde O₂ ou sur sonde Rédox ou sur cycle.

Dispositif de brassage pour le bassin d'aération :

La répartition superficielle du système d'aération est celle d'une **aération plancher**. Ceci nous permet de faire fonctionner le brassage pendant les phases d'arrêt de l'aération.

Pour homogénéiser les liqueurs dans le bassin d'aération, nous prévoyons la mise en place d'un agitateur à vitesse rapide :

Type		immergé, à vitesse rapide , à axe horizontal
Nombre	u.	1
Puissance installée / absorbée aux bornes	kW unit.	5,50 / 6,50
Puissance spécifique aux bornes	W/m ³	11
Temps de fonctionnement	h/j	11,45

Asservissement : sur arrêt des surpresseurs

8.6 Traitement du phosphore

Le phosphore sera traité par voie physico-chimique. Nous prévoyons le traitement par ajout de sel de fer. Notre filière membranaire, complétée par ce traitement physico-chimique, permet d'atteindre la teneur de rejet demandée.

DEPHOSPHATATION PHYSICO-CHIMIQUE

9. DEPHOSPHATATION PHYSICO-CHIMIQUE

Le phosphore non retenu par voie biologique sera éliminé par précipitation physico-chimique simultanée par ajout de chlorure ferrique dans la zone d'aération pour atteindre la norme de rejet requise.

Calcul de la quantité de chlorure ferrique à injecter :

La quantité de phosphore soluble à éliminer est la différence entre le phosphore soluble à l'entrée et la somme du phosphore assimilé et rejeté.

Caractéristiques	Unités	
P en entrée (avec $\approx 3\text{g/EH}$)	kg/j	14
P inerte en entrée	kg/j	3
P soluble en sortie	kg/j	2
P assimilé	kg/j	3
P soluble à précipiter	kg/j	6
Rendement déphosphatation	%	74
Rapport Fe / P		1,48
Quantité de Fe à injecter	kg/j	22

Calcul de la quantité de réactif à injecter :

Caractéristiques	Unités	
Concentration de Fe dans le produit commercial	g/l	581
Quantité de produit à introduire	l/j	110
Densité du produit		1,41
Masse de produit consommé	kg/j	64

Le chlorure ferrique est stocké dans 3 cubi-containers d'un volume total de 3 m³ mis en place dans le local réactif.

La livraison du chlorure ferrique s'effectue par cubitainer de 1000 l.

L'injection du sel de fer s'effectue par **pompe doseuse en Skid de dosage de sécurité "Sécudose"** soutirant le réactif depuis une cuve de stockage de 5 m³ et le refoulant vers 2 points d'injection : zone d'anoxie et dans le bassin d'aération, zones de remous favorables à un mélange intime. **Le Skid comprend 2 pompes doseuses dont 1 en secours.**

Caractéristiques	Unités	
Chlorure ferrique nécessaire	l/j	110
Plage de débit de la pompe doseuse	l/h	0 - 24
Débit nominal	l/h	8,8
Temps de fonctionnement	h/j	12,55
Puissance installée / absorbée	kW	0,20 / 0,07
Capacité de stockage	m ³	3
Autonomie nominale	j.	≈ 30

Asservissement : proportionnel au débit ou sur cycle.

Calcul de la quantité de boues produites :

La précipitation de phosphore par un sel métallique engendre une production de boues physico-chimiques.

Caractéristiques	Unités	
Quantité totale de boues physico -chimiques produites	kg/j	51

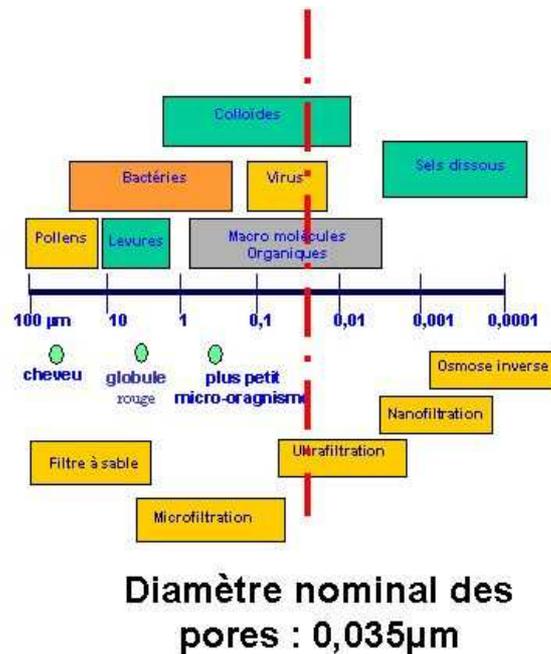
FILTRATION MEMBRANAIRE

10. FILTRATION MEMBRANAIRE

10.1 Principes

La solution membranaire permet de remplacer les étapes de clarification et un éventuel traitement tertiaire (filtration+UV) de désinfection des eaux traitées ; cette solution est donc particulièrement bien adaptée aux exigences du DCE et aux spécificités de la station d'épuration de BOULARI.

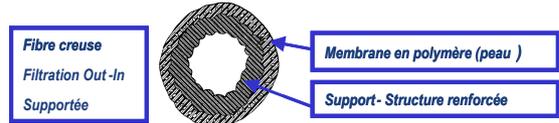
Les fonctions de clarification, filtration sur sable et désinfection, sont assurées, en **une seule étape**, dans les cellules de filtration des **réacteurs ULTRAFOR**.



Avantages :

- **Excellence de la qualité d'eau au rejet** (matières en suspension, abattement des germes pathogènes et virus), permettant de s'affranchir d'une filtration+désinfection UV
- **Simplicité d'exploitation,**
- **Insensibilité aux dysfonctionnements biologiques** (« bulking » ou boues filamenteuses),
- **Grande compacité des installations :** cette compacité (pas de bassin de clarification) est un atout sur un terrain nécessitant des fondations spéciales.

La membrane ZENON utilisée est en fibre creuse immergée (diamètre de fibres de 1,9mm) de filtration externe/interne.



Elle est en structure renforcée et elle est supportée. Les membranes possèdent des millions de pores à leur surface.

La fiabilité du système est élevée :

- Redondance élevée avec plusieurs dizaine de milliers de fibres par cassette ; la casse éventuelle d'une fibre n'a donc pas d'impact sur la qualité du perméat
- Nombre de connections aux collecteurs de perméat réduit ;

L'orientation des fibres et leur espacement sont définis de façon standard ce qui empêche un colmatage entre fibres par les boues ;



Le renforcement de la membrane réduit de façon très importante les casses potentielles. Celles-ci sont très facilement réparables.

La tolérance des fibres aux mouvements pendant le détassage à l'air est élevée. La membrane peut travailler sans risque à des concentrations élevées.

Une fiabilité très élevée
Une durée de vie maximale

Bioréacteurs à membranes (Ultrafor)

L'installation de traitement membranaire ULTRAFOR que nous vous proposons est constituée de :

- **2 files ou cellules de filtration** : la cellule de filtration (ultrabox) correspond au bassin dans lequel sont plongées les cassettes de filtration.
- **2 cassettes de filtration (1 cassette par ligne)** : 1 ensemble constitué de 44 modules (une cassette pleine comprend jusqu'à 48 modules ou éléments).
- **2 x 44 modules** : 2 x 44 modules de filtration constitués. Chaque module de filtration est composée de 2 200 fibres organiques, pour une surface de filtration de 1 390 m². La surface totale de filtration est de 2 780 m² en place.

Suivi du fonctionnement et enregistrement des données de fonctionnement

Conscient de la nouveauté des systèmes de traitement membranaire, et de l'automatisation du traitement, nous vous proposons un système de gestion et de suivi du fonctionnement du traitement membranaire. Ce système a pour objectif principal de fiabiliser le fonctionnement de votre traitement membranaire.

Le système permet :

- De mesurer les variables critiques du process,
- De détecter les problèmes,
- D'aider et de prévenir de sérieuses défaillances,
- De corriger les problèmes qui peuvent survenir.

Les mesures enregistrées sont des données de production, à savoir des flux, pressions de fonctionnement, températures, niveaux d'eau dans les Ultrabox, turbidité, cycle de régénération et maintenance, et autres données opérationnelles clés de la station.

10.1.1 Qualité de l'eau traitée

La filtration par membranes présente le **double avantage** de fournir une eau traitée de qualité bien supérieure à celle obtenue par traitement conventionnel grâce au seuil de coupure très bas de la membrane utilisée.

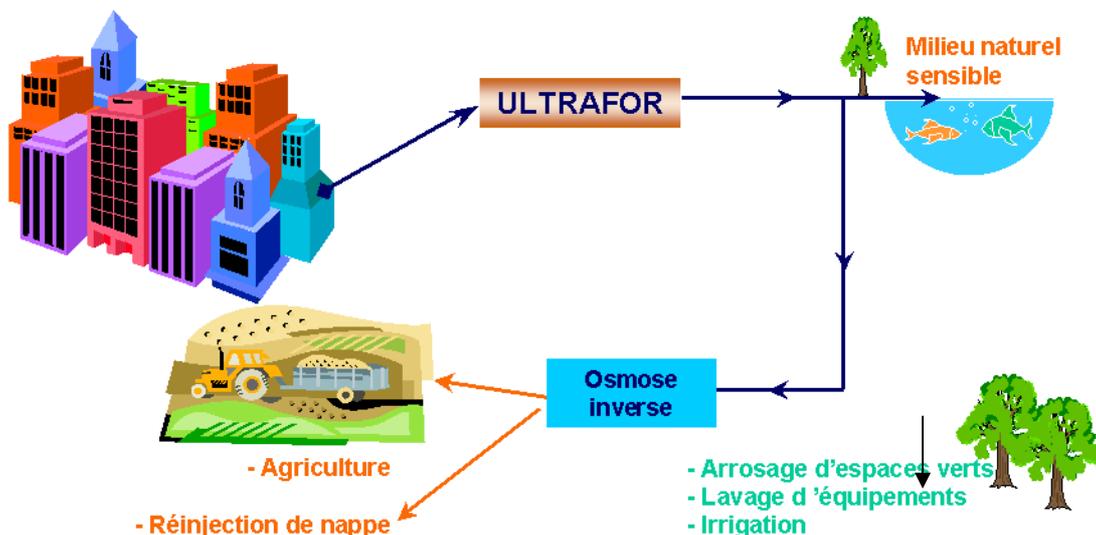
En effet, le spectre des matières en suspension arrêtées par la membrane est bien plus large que celui d'un filtre à sable de traitement tertiaire. Cela s'applique en particulier aux performances en abattement des germes (coliformes fécaux et totaux, œufs d'helminthes, certains virus, etc ...).

- **Le seuil de coupure est de 0,04 microns**, caractérisant le domaine de l'ultrafiltration ;
- De **qualité constante**, car il s'agit d'une barrière physique sur lequel repose la filtration membranaire.

Ce **double avantage est très précieux dans le cas des rejets en zone sensible**, comme pour la station de BOULARI où le rejet s'effectue dans une **zone naturelle protégée : le biotope de la mangrove**.

La mise en place d'un **traitement membranaire permet d'obtenir de meilleures garanties de traitement pour les paramètres DBO, MES, DCO, NGL et Pt**.

Elle pourrait, dans l'avenir proche, ouvrir sur des perspectives de **recyclage totale de l'eau traitée** s'inscrivant parfaitement dans la **logique de Développement Durable** de la Commune du Mont Dore.



10.1.2 Fiabilité

Notre installation, qui comprend 2 lignes de filtration indépendantes présente un **taux de fiabilité accru** par rapport à une filière biologique simple file.



10.1.3 Minimisation des ressources nécessaires à l'exploitation

La technologie membranaire ne requiert pas de compétence pointue en termes d'exploitation et maintenance. La qualification des opérateurs et agents de maintenance d'une station conventionnelle de traitement d'eaux usées, complétée par les formations dispensées par FRANCE ASSAINISSEMENT à la fin de la mise en route, sont tout à fait suffisantes pour assurer une exploitation correcte de la station proposée.

10.1.4 Indifférence vis à vis des flottants

Le procédé Ultrafor consiste en une barrière physique infranchissable aux particules. De ce fait, le risque de flottation des boues ou « bulking » (en particulier dénitrifiantes) dans les clarificateurs conventionnels est éliminé et la qualité des eaux traitées est garantie.

10.1.5 Possibilité de réutilisation des eaux traitées

La technologie Ultrafor permet aussi de répondre à beaucoup d'applications consommatrices d'eau non nécessairement potable. Citons comme exemples l'arrosage d'espaces verts, les zones de loisirs, le lavage d'équipements, le réseau incendie etc...

Notre offre intègre cet aspect avec la prise de l'eau industrielle nécessaire au fonctionnement de l'installation directement dans la bêche d'eau traitée.

Notre offre prévoit également la mise en place d'un réservoir de stockage 150 m³ d'eau traitée associée à un groupe de pompage immergé pour la valorisation de l'eau traitée en arrosage des espaces verts, stades...

10.1.6 Pas de manipulation des membranes

Pour permettre le lavage des membranes en place, sans manipulation, nous avons prévu de les installer dans des bâches en béton séparées du bassin d'aération, accolées à celui-ci, et revêtues de revêtement anti-acide.

De plus, suite aux lavages de régénération, il est prévu une neutralisation manuelle des effluents dans l'ultrabox par l'ajout de soude et de bisulfite de sodium. Une pompe de vidange spécifique permet alors la vidange de l'ultrabox directement dans le bassin d'aération après neutralisation.

10.2 Mise en œuvre et caractéristiques

Les caractéristiques de l'installation de filtration sont les suivantes :

Caractéristiques	Unités	
Nombre de lignes	u	2
Nombre de cassettes/ligne	u	1
Nombre de modules/cassette	u	44
Surface totale membranaire / cassette	m ²	1 390
Surface totale membranaire	m ²	2 780

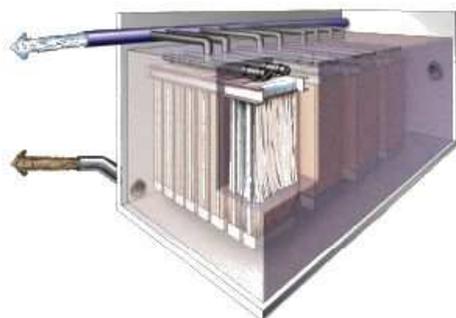
Dans le cadre d'une éventuelle extension future, chaque cellule de filtration pourra accueillir 4 modules supplémentaires, soit au total 2 x 48 modules.

Dans la même optique, un emplacement réservé à l'installation d'une troisième cassette de filtration de caractéristiques identiques à celle en place est prévu dans notre offre.

Cellule de filtration

La Cellule de filtration a la configuration suivante :

- Hauteur d'eau nominale : 2,90 m
- Longueur : 3,10 m
- Largeur : 2,50 m
- Volume utile : 22,50 m³
- Hauteur d'eau maxi : 3,40 m
- Volume maxi : 26 m³



Cassette de filtration intégrant les modules

Nous avons choisi d'installer 2 cassettes. Chaque cassette a les caractéristiques suivantes :

- Quantité d'éléments par cassette : 44 (extensible à 48)
- Type : ZeeWeed-500d – 64
- Surface d'un élément : 31,6 m²

Chaque cassette est constituée de 2 parties identiques.

Chaque cassette est accompagnée du matériel de fixation et d'assemblage, des modules ou éléments, d'un système de diffuseur d'air (grosses bulles) et d'un système de fixation des cassettes.

10.3 Brassage et aération dans les cellules de filtration

Présentation du processus

Le système d'aération des membranes est destiné à diffuser de l'air sous forme de grosses bulles à l'aide de rampes perforées intégrées aux cassettes situées juste au-dessous des modules de membranes. Les fonctions de cette aération sont :

- Le décolmatage de la surface des fibres par effet de cisaillement,
- L'agitation des fibres,
- La création d'un mouvement d'eau par spiral flow, ce qui permet de déconcentrer la boue présente dans le paquet de fibres en aspirant de la boue moins concentrée venant de dessous.

L'efficacité de cette aération est augmentée de manière significative par l'utilisation d'une séquence cyclique de 10 secondes (aération d'une cassette pendant 10 s – aération de l'autre cassette pendant 10 s).

Cette technique a pour but :

- D'augmenter les turbulences et l'action des bulles d'air sur la surface des membranes,
- D'augmenter la taille des bulles d'air,
- D'améliorer la pénétration des bulles d'air dans les faisceaux de fibres,
- D'améliorer l'hydrodynamique du système afin de minimiser les zones mortes et les courants préférentiels.

Mise en œuvre

Trois surpresseurs (dont un en secours installé) capotés type Aerzen GM 10 S seront installés pour l'aération des cassettes.

Issus de la nouvelle génération (Série 5), ces surpresseurs ont fait l'objet de recherches poussées sur le traitement du bruit et sur l'ergonomie d'exploitation.

Les organes d'entretien (vanne de vidange, purge) ont tous été ramenés en façade, de façon à pouvoir accoler les surpresseurs.

Chaque cassette inclut un système de diffuseurs d'air. L'air injecté dans les cassettes empêche l'agglomération des particules à la surface des membranes tubulaires.



Les besoins réels pour les cellules se calculent en fonction du brassage. Le débit réel nécessaire par cassette est de **413 Nm³/h**.

Dispositif de production d'air retenu :

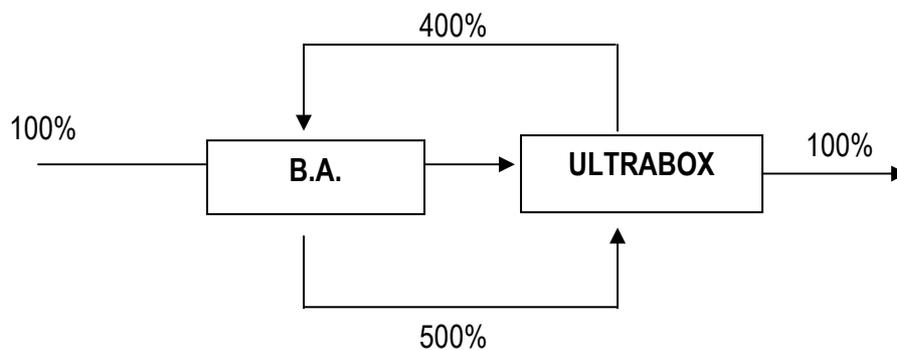
Type		surpresseurs AERZEN
Nombre	u.	3 dont 1 en secours
Débit à 366 mbars par surpresseur	Nm ³ /h	413
Puissance installée / absorbée aux bornes	kW unit.	11 / 7,5

Les surpresseurs sont capotés individuellement et installés dans un local.

10.4 Alimentation des Ultrabox

Principe

Le schéma suivant montre les différents circuits hydrauliques nécessaires pour alimenter les ultrabox et assurer une recirculation vers la zone d'anoxie.



Recirculer les boues issues des Ultrabox est nécessaire, d'une part pour maintenir une concentration suffisante dans le bassin d'aération, et d'autre part pour assurer une perméabilité optimale des membranes.

L'extraction de l'eau ultra-filtrée est de 100 % ce qui conduit à une alimentation des ultrabox à raison de 500 %.

Mise en œuvre

L'alimentation des ultrabox est assurée par 3 pompes (1 par Ultrabox) dont une en secours, installée en fosse sèche dans le local de pompage, d'un débit unitaire de 463 m³/h. Les pompes sont équipées d'un variateur de vitesse permettant d'asservir le débit au débit entrant.

La troisième pompe est prévue en secours des 2 autres afin de pouvoir assurer la permutation automatique sans entrave au fonctionnement de la station en cas de panne.

La recirculation des liqueurs mixtes des cellules vers la zone d'aération s'effectue gravitairement. Le taux de boues ainsi recirculées est de 400 %. Ce taux de recirculation est fonction de la concentration en boues dans l'ultrabox et dans le bassin d'aération selon la formule :

$$CF = \frac{C_m}{C_0} = \frac{R+1}{R} ,$$

où :
 Cm = concentration dans l'ultrabox
 C₀ = concentration dans le bassin d'aération
 R = taux de recirculation

La recirculation permettra d'éviter une augmentation de concentration en boues activées dans les cellules de filtration, et donc de garder une perméabilité optimale des membranes.

Caractéristiques de fonctionnement :

Type de pompe		Centrifuge en fosse sèche
Nombre de pompe	u.	3 dont 1 en secours
Débit nominal	m ³ /h unit	463
H.M.T	mce	2,9
Puissance installée / absorbée aux bornes	kW unit.	8,8 / 6,5
Temps de fonctionnement en Temps sec	h/j	11,5

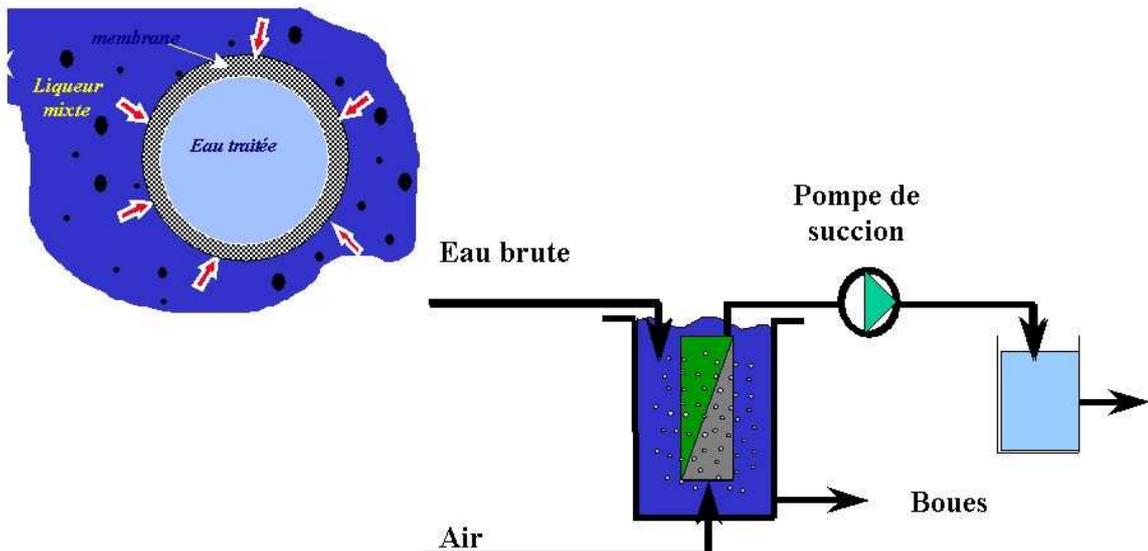
Asservissement : sur débit d'alimentation des prétraitements.

10.5 Pompes d'extraction des perméats / rétrolavage

Principe

La filtration se fait par passage de l'eau à travers la membrane de l'extérieur vers l'intérieur de la fibre, grâce à une différence de pression entre les deux parois de la membrane, créée par des pompes de succion, communiquant côté paroi interne et aspirant le liquide à filtrer.

Ce sont les mêmes pompes qui assurent les débits de rétrolavage automatique.



Caractéristiques de fonctionnement :

Type de pompes		A lobes en fosse sèche
Nombre de pompes	u.	3 dont 1 en secours
Débit maximal d'extraction	m ³ /h unit	93
Pression	bar	1
Puissance installée / absorbée aux bornes	kW unit.	11 / 7,5
Temps de fonctionnement en Temps sec	h/j	11,5

Fonctionnement

Le débit des pompes est asservi au débit entrant sur la station. Ce dernier est mesuré par un débitmètre électromagnétique.

Pour effectuer les opérations de rétro-lavage, l'automatisme inverse cycliquement pendant quelques secondes le sens de rotation des pompes utilisées pour la filtration.

Cette gestion est entièrement automatique.

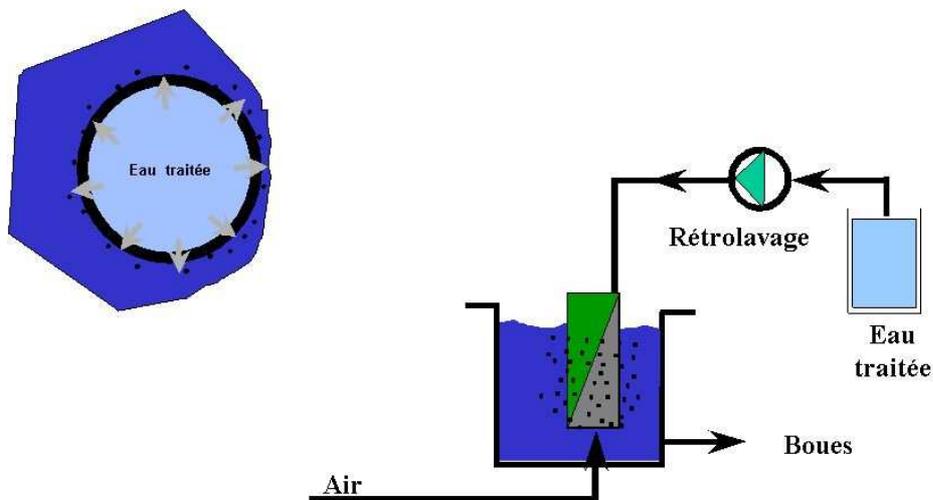
Mise en œuvre

Trois pompes d'extraction de perméat / rétro lavage seront installées dans la local de pompage (une par ligne). Une troisième pompe est prévue en secours automatique des 2 autres.

Mettant en œuvre une technologie volumétrique comparable à celle des surpresseurs, ces pompes de **marque Börger** sont reconnues pour leur fiabilité et leur capacité d'aspiration considérable.

Les eaux traitées sont envoyées vers une bêche de stockage.

Par l'aspiration de l'eau traitée dans la bêche, ces pompes permettront également le rétrolavage des membranes.



10.6 Lavage des membranes

Deux types de nettoyages chimiques sont prévus.

- l'un pour prévenir le colmatage précoce de la membrane,
- l'autre pour régénérer la membrane après une longue période d'utilisation.

Ces nettoyages sont automatiques.

Nettoyage de maintenance (2 fois par semaine)

Ce nettoyage se réalise automatiquement durant la marche de l'installation. Pour plus d'efficacité, l'eau de lavage est additionnée de réactifs dilués (Eau de Javel et Acide Citrique dosés automatiquement).

Nettoyage de Régénération :

Le lavage de régénération des membranes intervient deux à trois fois par an.

Les séquences sont entièrement automatisées.

Ce nettoyage utilise également de l'eau de javel et/ou de l'acide citrique, mais à une concentration différente. Le nettoyage est effectué dans la cellule de filtration sans manutention des modules de filtration.

Sécurité

Le matériel de sécurité suivant est prévu :

- un écran de protection autour des pompes doseuses ;
- des bacs de rétention propres à chaque poste sécurisé.

Ces deux nettoyages sont entièrement automatisés ce qui limite de façon importante la manipulation des réactifs chimiques, et donc des risques chimiques potentiels.

Consommation en réactifs :

Acide citrique		
- lavage de maintenance	kg/an	1 542
- lavage de régénération	kg/an	163
- consommation totale	kg/an	1 705
- consommation totale	l/an	3 410

Eau de javel		
- lavage de maintenance	l/an	1 854
- lavage de régénération	l/an	272
- consommation totale	l/an	2 126

Postes de dosage

Afin de réaliser les différentes solutions à injecter pour ces nettoyages, nous avons prévu les postes de préparation/stockage suivants :

Acide citrique

- 1 bac d'un volume de 200 l ;
- 2 pompes doseuses (dont 1 en secours) avec asservissement au débit et taux de traitement

Eau de Javel

- 1 bac d'un volume de 200 l ;
- 2 pompes doseuses (dont 1 en secours) avec asservissement au débit et taux de traitement

10.7 Neutralisation et vidange des ultrabox

Les lavages de régénération utilisent les réactifs à des concentrations plus élevées que pour les nettoyages de maintenance. De ce fait, une neutralisation de l'effluent est nécessaire.

Il est ainsi prévu une neutralisation manuelle des effluents dans l'ultrabox par l'ajout de soude et de bisulfite de sodium. Une pompe de vidange permet ensuite la vidange de l'ultrabox dans le bassin d'aération après neutralisation.

Nous prévoyons la mise en place de réservoirs de soude et de bisulfite de sodium de contenance 200 l dans le local réactifs. Quatre pompes doseuses (deux dont une en secours par cuve) permettent d'amener ces réactifs vers quatre robinets situés au niveau de chacun des ultrabox sur la plate-forme supérieure du bassin.

La pompe de vidange des ultrabox est installée dans le local avec les pompes d'extraction.

10.8 Air comprimé

Le poste air comprimé tient une place très importante dans le process membranaire. Il a en charge l'alimentation en air de toutes les vannes pneumatiques automatiques du procédé de filtration.

A ce titre, nous avons fait le choix d'installer deux appareils robustes, de marque reconnue, dont un en secours installé.

Les 2 compresseurs seront commandés par 2 pressostats installés sur une cuve unique de 90 l horizontale. La permutation automatique est assurée par le coffret de commande.

Marque		KAESER
Nombre de compresseurs	u.	1 + 1
Type		A piston lubrifié
Débit maximal	m ³ /h unit	2 x 7,8
Pression maximale	bars	10
Puissance installée / absorbée moteur	KW/u.	1,70 / 1,40
Temps de fonctionnement moyen	h/j.	5,80

L'air ambiant présente un taux d'humidité important (80 à 90 %). De ce fait, pour éviter la présence d'humidité dans le réseau d'air, nous avons choisi de mettre en œuvre un sécheur frigorifique de marque KAESER.

Type		Sécheur frigorifique
Débit d'air	m ³ /h	0,6
Température d'entrée	°C	35
Température de sortie	°C	25
Puissance absorbée	KW	0,28

TRAITEMENT DES BOUES

11. TRAITEMENT DES BOUES : RHIZOCOMPOSTAGE

Voir note technique à la suite de ce mémoire.

POSTE TOUTES EAUX

12. POSTE TOUTES EAUX

Le poste toutes eaux reprend les effluents en provenance du bâtiment d'exploitation et les eaux de voirie sales.

Le poste toutes eaux reprend les effluents en provenance du bâtiment d'exploitation, des eaux de lavage et les eaux des zones sales.

Calcul du débit :

Eaux usées du local d'exploitation	m ³ /h	0,5
Eaux de lavage du tamis	m ³ /h	2,5
Eaux de lavage du compacteur	m ³ /h	1,3
Pompe eau industrielle	m ³ /h	16,2
Eaux des zones sales (ruissellement)	m ³ /h	5
Total envoyé vers le poste toutes eaux	m ³ /h	42
Coefficient de simultanéité	-	0,80
Débit de dimensionnement poste toutes eaux	m³/h	35

Caractéristiques des pompes :

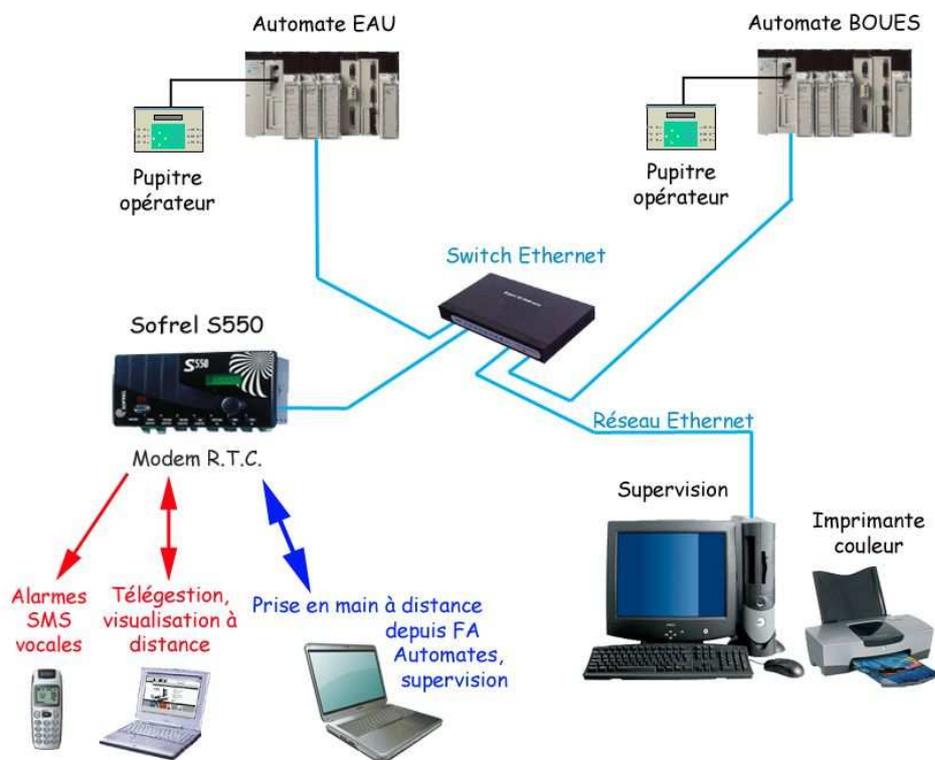
Type de pompes		immergée
Nombre de pompes		2
Débit	m ³ /h	35
H.M.T.	mCE	7,0
Puissance installée / absorbée	kW	3,1 / 1,8
Temps de fonctionnement	h/j	4,5

AUTOMATE / SUPERVISION / TELESURVEILLANCE

13. AUTOMATISME - SUPERVISION – TELESURVEILLANCE

Le schéma suivant présente l'organigramme de gestion de l'automatisme pour la station d'épuration. Ainsi, notre offre prévoit :

- la mise en œuvre d'un automate programmable industriel pour la filière de traitement de l'eau,
- la mise en œuvre d'un automate programmable industriel pour la filière de traitement des boues,
- un système de supervision avec 1 PC équipés du logiciel de supervision TOP KAPI Vision.



Les détails de l'architecture proposée dans notre offre pour l'automatisme, la supervision et la télésurveillance sont indiqués et décrits dans le descriptif Electricité / Automatisme joint au présent dossier.

INSTRUMENTS DE MESURES

14. INSTRUMENTS DE MESURES

14.1 Mesure du pH et de la température

14.1.1 Principe de la mesure :

L'analyse en continu du pH est basée sur un principe potentiométrique. On utilise pour cela une électrode sensible à l'activité de l'ion H_3O^+ dont on mesure le potentiel par rapport à une électrode de référence. La loi de Nernst permet de corréler cette différence de potentiel au pH. La transmission entre le capteur et le transmetteur est analogique.

14.1.2 Matériel :

La chaîne de mesure comprend :

- une cellule de pH CPF81 incluant une mesure de la température (PT 100),
- une chambre de passage,
- un transmetteur CPM253.



□ Capteur de pH.

14.2 Mesure de redox

14.2.1 Principe de la mesure

La mesure en continu du Redox est également basée sur un principe potentiométrique. Il est mesuré à l'aide d'une électrode en or. Comme pour le pH, un système de référence Ag/AgCl est utilisé comme électrode de référence.

14.2.2 Matériel

La chaîne de mesure comprend :

- une cellule de pH CPF82
- une chambre de passage,
- un transmetteur COM253.



Capteur de Redox.

14.3 Mesure d'oxygène

14.3.1 Principe de la mesure

Le capteur fonctionne selon le principe de l'extinction de la luminescence d'une membrane spécifique. Des molécules sensibles à l'oxygène (marqueurs) sont intégrées dans une couche optiquement active (couche fluorescente). La surface de la couche fluorescente est en contact avec l'eau, tandis que l'optique de la cellule se situe en arrière de la couche fluorescente. Cette optique émet des impulsions lumineuses vers la couche fluorescente. Les marqueurs répondent avec des impulsions lumineuses, dont la durée et l'intensité sont directement liées à la pression partielle en oxygène.

14.3.2 Matériel

La chaîne de mesure comprend :

- Une cellule d'oxygène COS61,
- Un transmetteur COM253.



□ Détail de la cellule d'oxygène COS61.

Remarques :

Cette technologie permet de minimiser les opérations de maintenance. Hormis le nettoyage, ce capteur ne nécessite qu'un seul remplacement par an du capuchon de la cellule (contenant les marqueurs).

14.4 Débitmètre électromagnétique

14.4.1 Principe de fonctionnement

Selon la loi de Faraday une tension est induite dans un liquide conducteur se déplaçant dans un champ magnétique. Dans un débitmètre électromagnétique, la tension induite est proportionnelle à la vitesse de passage. Le débit volumique est calculé à partir de la section du tube.

14.4.2 Matériel proposé



Débitmètre électromagnétique avec transmetteur déporté.

Remarque :

Une mesure optimale est seulement assurée si le produit et le capteur sont au même potentiel électrique. La plupart des capteurs Promag disposent d'une électrode de référence montée en standard, qui garantit la compensation de potentiel nécessaire. Ceci rend habituellement superflues l'utilisation de disques de masse.

C'est pourquoi, lors du montage dans des conduites métalliques il est recommandé de relier la borne de terre du boîtier du transmetteur avec la conduite.

14.5 Préleveur automatique

14.5.1 Principe de prélèvement

Les échantillons sont prélevés selon le principe du vide proportionnellement au temps, à la quantité, au débit ou en fonction des événements. Ils sont ensuite répartis dans des flacons (jusqu'à 24 si nécessaire) et à une température régulée (par ex. à 4°C) (selon EN 25567).

14.5.2 Matériel

Le système de prélèvement est constitué d'un préleveur d'échantillons ISCO en poste fixe ASP 2000. Ce système comprend :

- une armoire avec isolation expansée pour une conservation sûre des échantillons,
- un compartiment d'échantillonnage avec coque interne sans soudure et évaporateur
- ni gel ni corrosion des éléments réfrigérants,
- une configuration guidée par menu avec "Quick Setup" pour une mise en service rapide.



Exemple de préleveur.

Remarque :

Toutes les pièces en contact avec le produit peuvent être démontées facilement et pour le nettoyage et la maintenance. Les bacs à flacons sont séparés et disposent de poignées pour faciliter le transport des échantillons.

14.6 Mesure de pression hydrostatique

14.6.1 Principe de mesure

La cellule céramique est une cellule de mesure sèche, c'est à dire la pression agit directement sur la robuste membrane céramique du Waterpilot FMX167 et la déplace de max. 0,005 mm. Les effets de la pression atmosphériques sur la surface du liquide sont amenés par le biais d'un flexible de compensation de pression à travers le câble porteur jusqu'à la face arrière de la membrane et compensés. Aux électrodes du support céramique on mesure une variation de capacité fonction de la pression, engendrée par le déplacement de la membrane. L'électronique la transforme ensuite en un signal proportionnel à la pression, linéaire par rapport au niveau.

14.6.2 Matériel

Ce système comprend un capteur FMX 167 et son câble.



Le FMX167.

14.7 Mesure de niveau ultra-son

14.7.1 Principe de mesure

L'émetteur de la sonde est activé électriquement et envoie une impulsion ultrasonique vers le bas, en direction du produit. Cette impulsion est partiellement réfléchiée par la surface du produit. La sonde, qui agit alors comme un micro directif convertit l'écho reçu en un signal électrique. Le temps entre l'émission et la réception de l'impulsion (durée de parcours) est directement proportionnel à la distance sonde-niveau. La distance est déterminée par la vitesse du son et la durée de parcours t selon la formule suivante:

$$D = \frac{c.t}{2}$$

où D est la distance sonde-surface de l'eau, c , la vitesse du son et t le temps entre l'émission et la réception de l'impulsion.

14.7.2 Matériel

Ce système comprend :

- un capteur FDU 80
- un transmetteur FMU861.



Remarque :

Le transmetteur contient les courbes de linéarisation des canaux ouverts ou déversoirs les plus répandus. Les débits sont totalisés et affichés par le totalisateur de débit. Cet appareil permet également de commander le préleveur en fonction du débit.

OUTIL PEDAGOGIQUE ET DE COMMUNICATION

15. OUTIL PEDAGOGIQUE ET DE COMMUNICATION

15.1 Phase chantier :

Le chantier de la station d'épuration sera un pôle d'activité importante, qu'il convient de mettre en valeur afin :

- D'accompagner l'arrivée de ce nouvel ouvrage,
- D'expliquer son but,
- De faire comprendre l'importance de l'investissement,
- D'expliquer les enjeux,
- D'anticiper les réactions éventuellement négatives de publics sensibles,
- De sensibiliser à la réalité du prix de l'eau et des potentiels économie d'un tel projet en terme de valorisation des sous-produits du traitement.

Pour cela, nous vous proposons de mettre en place des actions de communication ciblées et adaptées.

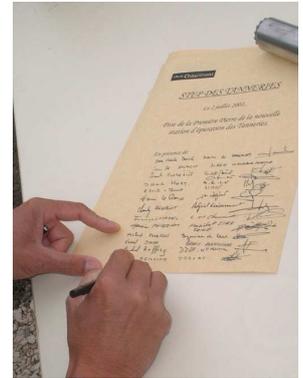
Elles se répartiront tout au long du chantier, depuis la phase préparatoire (avant le début effectif des travaux), jusqu'à l'inauguration et la mise en exploitation.

Elles comprendront principalement :

- La réalisation d'une maquette lors de la tranche ferme pour présenter le projet.
- Un panneau de chantier amélioré, avec une image valorisante de la future installation,



- Une réunion de pose de la première pierre,
- La réalisation d'un dossier de presse,
- Une journée portes-ouvertes, lors du chantier de Génie-civil, et à la fin du montage des équipements,
- La participation à l'organisation, si nécessaire, de réunions publiques d'information,
- La participation à l'organisation de l'inauguration,
- La participation à une journée portes-ouvertes de l'usine en fonctionnement.



Ces différentes actions ne sont efficaces que si elles s'accompagnent d'une maîtrise irréprochable du chantier lui-même, et en particulier :

- Tenue stricte des délais de réalisation,
- Propreté du chantier, des abords et de la voie d'accès,
- Souci permanent de la sécurité des personnes et prévention des risques d'accident du travail.

15.2 CIRCUIT PEDAGOGIQUE

L'explication du fonctionnement de l'installation et sa visite présente toujours un grand intérêt pour les personnes peu habituées aux techniques de l'épuration.

Ainsi en est-il de tous les habitants, les élèves des écoles, des collèges, des lycées, et même de l'enseignement supérieur, les associations, etc.

□ anneau d'entrée de station



□ anneaux explicatifs d'ouvrages de traitement

En plus du panneau synoptique dans le local de commande, inclus systématiquement dans notre offre de base, nous vous proposons de créer un environnement complet de communication autour de la future usine en fonctionnement, avec :

- Un circuit pédagogique, interne à l'installation,
- Un panneau général d'information à l'entrée de l'installation,
- Une cascade d'eau traitée dans un bassin de galets localisé le long du local d'exploitation de la STEP afin de sensibiliser les visiteurs à la qualité « eau de baignade » du rejet dès leur arrivée sur le site.

TERRITOIRE D'OUTRE MER
NOUVELLE CALEDONIE

COMMUNE DU MONT-DORE
Centre ville de BOULARI

CONCEPTION ET REALISATION DE LA NOUVELLE STATION D'EPURATION

4 500 Eq. Habitants

Affaire N° 06/039

OFFRE BASE

CAHIER DES GARANTIES

SOMMAIRE GARANTIES

1. DEFINITION DU DOMAINE DE TRAITEMENT GARANTI	3
2. CAPACITES DE TRAITEMENT	3
2.1 Données de dimensionnement	3
2.2 Précision de dimensionnement	4
3. GARANTIES DE TRAITEMENT	5
3.1 Traitement des eaux	5
3.2 Traitement des boues	9
3.3 Niveau sonore	9
4. GARANTIES EQUIPEMENTS ET GENIE CIVIL	9

1. DEFINITION DU DOMAINE DE TRAITEMENT GARANTI

Les performances de traitement de la station d'épuration 4 500 eH de BOULARI énoncées ci-après sont garanties dans la mesure où l'ensemble des apports répond au domaine de traitement garanti défini par le CCTG fascicule 81-titre II (article II 2.1 – article II 2.2 – article II 2.3) et pour **une durée de 2 ans** à compter de la date de réception des travaux.

2. CAPACITES DE TRAITEMENT

2.1 Données de dimensionnement

Les tableaux ci-dessus récapitulent les charges arrivant à la station :

	Charges à traiter en 2007 en EH	Charges à traiter en 2012 en EH	Charges à traiter en 2012 avec marge environ +20% sur zones urbanisées
zones urbanisées existantes			
Bassin 1 : Galinie		435	
Bassin 2 : Shangri-la		750	
Bassin 3 : St-Quentin (1 et 2)	950	950	
Bassin 4 : Babin (1 et 2)	445	445	
Bassin 5 : Hibiscus/Deray		1 405	
sous-total	1 395	3 985	4 782
Boulari CV	460	4 288	4 288
total	1 855	8 273	9 070 total arrondi à 9 000 EH

Les effluents sont de nature domestiques stricts. Il n'y a aucun effluent industriel sur ce bassin de collecte. La collecte s'effectuera en réseaux séparatifs sur les nouvelles zones et en partie en réseaux unitaires sur les secteurs plus anciens ; les réseaux seront équipés de déversoirs d'orage et de postes de relevage.

La station ne sera pas prévue pour réceptionner et traiter les matières de vidange des fosses septiques.

Concernant le réseau de collecte des 5 bassins versants, le programme fonctionnel détaillé indique :

Charge à traiter 2007 : 4 000 EH

Charge à traiter – Horizon 2012 : 9 000 EH

Notre projet consiste à réaliser « la première tranche » des travaux, soit la construction d'une station de traitement des eaux usées pour une capacité de **4 500* EH** avec précision des dispositions à mettre en œuvre pour le passage à une extension ultérieure de la capacité de traitement à 9 000 EH.

* L'installation devra donc être conçue sur la base de 4 500 EH extensible à 9 000 EH, selon la note explicative complémentaire au DCE de SECAL du 24 octobre 2007.

La nouvelle station devra être capable de traiter les débits et charges suivants :

		NOMINAL	COMPLEMENTS DCE (1)
Charge collectée	EH	4 000	4 500
Volume de temps sec	m ³ /j	960	1 080
Volume de temps de pluie	m ³ /j	NC*	NC*
Débit moyen de temps sec	m ³ /h	40	45
Débit de pointe de temps sec	m ³ /h	120 à 20°C	120 à 20°C
Débit de pointe spécifique 1 j/sem	m ³ /h	160 à 20°C	160 à 20°C
DBO5	kg/j	240	270
DCO	kg/j	560	630
MES	kg/j	400	450
NTK	kg/j	60	67,5
Pt	kg/j	16	18

* Non communiqué : le PFD indique que la station ne traitera que le débit de temps sec.

Selon le PFD, le projet prévoira de traiter en biologique le débit de temps sec avec une pointe de 120 m³/h.

(1) Charge calculée à concentration constante

2.2 Précision de dimensionnement

Les membranes et leur périphérique sont dimensionnés pour traiter 120 m³/h en continu (24/24h) pendant une semaine par mois et **permettront également de traiter une pointe de 160 m³/h pendant un jour par semaine** avec comme hypothèse un effluent au niveau des membranes de température > à 20°C.

3. GARANTIES DE TRAITEMENT

3.1 Traitement des eaux

3.1.1 Qualité eaux traitées

3.1.1.1 Performances demandées au programme fonctionnel détaillé du DCE :

a) Paramètres physico-chimiques :

Paramètre	Concentrations maximales en rejet (mg/l)	Rendements minimum (%)
DBO ₅	25	90 %
DCO	125	85 %
MES	35	95 %
NGL	15	70 %
Pt	2	90 %

b) Paramètres bactériologiques :

L'installation répondra aux objectifs de traitement de désinfection « **qui favorisera l'obtention d'une eau autorisant la baignade et la pêche à pied** » (cf. chap 2.4.3 du PFD p21).

3.1.1.2 Performances FRANCE ASSAINISSEMENT en sortie de traitement par membrane :

a) Paramètres physico-chimiques :

Paramètre	Concentration maximale
DBO ₅	8mg/l
DCO	60 mg/l
MES	5 mg/l
NGL	15 mg/l
NTK	5 mg/l
Pt	2 mg/l

Ces performances sont données sur la base d'échantillons moyens 24 h proportionnels au débit constitué au niveau du regard de rejet.

b) Paramètres bactériologiques

En bactériologie, les garanties données en sortie de procédé membranaire sont les suivantes.

- Le traitement membranaire permet de **répondre à la directive européenne actuelle sur l'eau de baignade** du 15/2/06, à savoir :
 - 250 Eschéria coli / 100 ml
 - 100 enterocoques / 100 ml

Le tout en 95 %ile d'un nombre représentatif (> 12) d'échantillons ponctuels prélevés directement derrière la membrane selon le protocole précisé dans la notice d'exploitation.

3.1.2 Conditions de garantie de la qualité de l'eau traitée

La qualité du traitement est assurée lorsque les conditions suivantes sont **simultanément remplies** :

a) Conditions de charge et de débit

- les poids journaliers de DBO₅, DCO et MES reçus sont compris entre 33 % et 100 % des charges nominales respectives,
- les poids journaliers d'azote Kjeldahl et de phosphore total sont compris entre 33 % et 100 % des charges nominales en azote et phosphore,
- le débit horaire de pointe traité est inférieur ou égal au débit horaire nominal,
- le débit journalier est compris entre 33 % et 100 % du débit journalier nominal,
- L'augmentation par rapport aux flux moyens admis sur les 5 jours précédents des poids journaliers de pollution (DBO₅, DCO, MES) reçus par l'installation un jour particulier n'est pas supérieur à 100 %,
- L'augmentation, par rapport aux flux moyens admis sur les 15 jours précédents des poids journaliers de pollution NK reçus par l'installation un jour particulier, n'est pas supérieure à 50 %.

b) Conditions de composition moyenne de l'influent

Les concentrations moyennes en DBO₅, DCO, MES, NTK et PT sont comprises entre 33 % et 125 % des concentrations moyennes nominales correspondantes (rapport des charges nominales au débit journalier nominal).

La concentration moyenne en azote organique et ammoniacal Kjeldhal (rapport du poids journalier d'azote reçu au débit journalier) est inférieure à 100 mg/l.

La concentration moyenne en DCO (rapport du poids journalier de DCO reçue au débit journalier) mesurée sur échantillon décanté deux heures est inférieure ou égale à 750 mg/l et le rapport DCO/DBO₅ mesuré dans les mêmes conditions est inférieur ou égal à 2,7.

c) Conditions relatives à la qualité de l'influent

L'influent à traiter est réputé satisfaisant aux conditions ci-après pour tout échantillon moyen horaire :

- pH : compris entre 5,5 et 8,5,
- température : inférieure à 35° C,
- rH : supérieur à 18 à l'arrivée du collecteur,
- cyanures libres (exprimés en CN) inférieurs à 0,5 mg/L
- chrome hexavalent (exprimé en Cr) inférieur à 0,2 mg/L
- somme des métaux lourds (Zn + Pb + Cd + Cr + Cu + Hg + Ni) inférieure à 10 mg/L
- chacun des métaux Zn, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni inférieur à 2,0 mg/L
- mercure (exprimé en Hg) inférieur à 0,2 mg/L
- phénols inférieurs à 5,0 mg/L
- hydrocarbures totaux inférieurs à 30 mg/L
- l'absence d'effet inhibiteur de la nitrification supérieur à 20 %.

Les garanties sont assujetties au bon respect du cahier d'exploitation.

Eu égard à la présence d'une filière d'ultrafiltration, les produits suivants sont interdits dans l'influent :

- Dichlorométhane
- Diméthylformamide
- Alcool isopropylique
- Silicone oil
- Silicones
- Hydrocarbures
- Solvants issus des produits pétroliers (paraffines légères)
- Additifs à base de polymère de masse moléculaire < 50 000
- Additifs à base de polymère de masse moléculaire comprise entre 100 000 et 200 000
- Polymère dissous dans une huile légère ou issue d'une huile blanche.

d) Autres conditions :

En outre, la variation de chlorures (exprimée en Cl) reste inférieure à 500 mg/L au cours de 24 heures dans un bassin d'aération.

La température, pour laquelle les performances pour le traitement de la pollution azotée sont exigées, est $\geq 25^{\circ}$ C.

On considérera la moyenne arithmétique des températures mesurées en continu dans chaque réacteur biologique, à une profondeur d'immersion d'1 m minimum.

La température sera considérée comme limite pour le processus de nitrification si elle est inférieure à 25° C pendant une durée supérieure ou égale à 2 heures consécutives.

Le rapport de l'alcalinité de l'effluent (TAC), exprimé en masse de CaCO_3 , à l'azote à nitrifier et dénitrifier n'est pas inférieur à 7 en moyenne journalière. (Cf article II-2 du CCTG)

3.2 Traitement des boues

L'unité de déshydratation des boues, d'une surface totale de 900 m², par lits de roseaux ou rhizocompostage permettra de garantir, comme stipulé au chapitre 4.10 p.37 du PFD, une **siccité supérieure à 30%** pour l'acceptation à l'ISD de Gadji.

La capacité de traitement est basée sur une extraction inférieure à 2h par jour, 5 jours sur 7.

Extension :

Notre offre prévoit l'extention à 9 000 eH avec une unité de rhizocompostage supplémentaire de 900 m² : voir plan extension dans le dossier « Plans STEP Boulari ».

3.3 Niveau sonore

En application de la réglementation en vigueur (arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement), les installations ne devront pas être à l'origine d'un bruit particulier dont l'émergence perçue en limite de clôture est supérieure à :

- 5 dB(A) en période diurne (7h – 22 h) ;
- 3 dB(A) en période nocturne (22h – 7h).

Le site d'accueil des ouvrages sera par contre exposé aux bruits liés à la circulation sur la VDE.

Selon l'étude environnementale, article 2.5.3, le niveau sonore attendu est de 55 dBA de nuit et 65 dBA de jour ; ces valeurs ont été prises en compte pour représenter le « point O » soit la valeur du bruit en situation initiale.

A l'intérieur des locaux :

Le niveau sonore à l'intérieur des locaux sera conforme à la réglementation en vigueur.

4. GARANTIES EQUIPEMENTS ET GENIE CIVIL

La Calédonienne Des Eaux s'engage à garantir, dans le cadre de son marché, les points suivants :

- Garantie de 5 ans pour la tenue de l'ensemble des structures métalliques ou synthétiques des équipements,
- Garantie de 5 ans pour la tenue à la corrosion des équipements des armoires électriques et de l'hydraulique immergée,
- Garantie décennale ne s'applique que sur les locaux sec du bâtiment global,
- Garantie décennale ne s'applique pas sur les bassins en eau.

ANNEXE 4

Fiches de données sécurité



HYPOCHLORITE DE CALCIUM 24°

Fiche de données de sécurité selon la Directive Européenne 91/155/CEE

page 1 à 3.

1. Identification du produit et de la société

* Identification du produit

Code produit : UN 1791

Nom du produit: HYPOCHLORITE DE CALCIUM 24° EN SOLUTION

* Identification du distributeur

MESACHIMIE

4, rue du Docteur Lescour Quartier - Latin

98846 NOUMEA Nouvelle - Calédonie

B.P. 2368

Tél : 27.56.82

Fax : 27.70.87

2. Composition/information sur les composants

* Nature chimique

solution aqueuse Synonyme eau de Javel

Numéro CAS: 7681-52-9

Numéro EINECS: 231-668-3

Formule brute: CaOCl

3. Identification des dangers

Au contact d'un acide, dégage un gaz toxique. Provoque des brûlures.

4. Premiers secours

En cas d'inhalation : faire respirer de l'air frais. Consulter un médecin. En cas de contact avec la peau : laver abondamment à l'eau. Tamponner au polyéthylène glycol 400. Enlever immédiatement tout vêtement souillé. En cas de contact avec les yeux : rincer abondamment à l'eau durant au moins 10 minutes en maintenant les paupières écartées. Consulter immédiatement un ophtalmologiste. En cas d'ingestion : faire boire du jus de citron, du vinaigre ou des oeufs crus mélangés avec du lait, puis beaucoup d'eau, ne pas tenter de faire vomir.

5. Mesures de lutte contre l'incendie

Moyens d'extinction appropriés: Adapter l'agent d'extinction à l'environnement.

Dangers spécifiques: En cas d'incendie, risque de formation de vapeurs dangereuses.

Autres informations: Non combustible.

6. Mesures en cas de dispersion accidentelle

Procédure de nettoyage / d'absorption : Récupérer avec un absorbant pour liquides, par exemple le Chemizorb(R)



15/10/2008

7. Manipulation et stockage

* Manipulation: Pas d'autres exigences.

* Stockage: Stocker le récipient bien fermé à l'abri de la lumière stocker à moins de +15°C Risques de décomposition avec formation de produits gazeux, surtout en cas de stockage prolongé. Fermer les récipients de façon à permettre à la pression intérieure de s'échapper (par exemple valve de surpression). Exigences concernant les locaux de stockage et les récipients : Pas de récipients en métal.

8. Contrôle de l'exposition/protection individuelle

* Equipement de protection individuelle: Protection respiratoire: nécessaire en cas de formation de vapeurs/aérosols. Protection des mains: nécessaire Protection des yeux: nécessaire Mesures d'hygiène industrielle: Enlever immédiatement tout vêtement souillé. Protection préventive de la peau. Se laver les mains et le visage après le travail.

9. Propriétés physiques et chimiques

Aspect: liquide Couleur: vert jaunâtre Odeur: caractéristique pH: (20 °C) environ 11.5 - 12.5 Température de fusion: non applicable Température d'ébullition: non applicable Température d'auto-inflammation: non applicable Point d'éclair: non applicable Limites d'explosivité dans l'air Inférieure: non applicable Supérieure: non applicable Masse volumique: (20°C) environ 1.21 - 1.23 g/cm³ Solubilité dans: eau (20°C) soluble

10. Stabilité et réactivité

Conditions à éviter: Aucune information disponible.

Matières à éviter: les acides, les réducteurs. * Produits de décomposition dangereux: le chlore.

11. Informations toxicologiques

* Toxicité aiguë: Nous ne disposons pas de données quantitatives concernant la toxicité de ce produit.

* Autres informations toxicologiques En cas d'inhalation : irritations des muqueuses, toux et dyspnée. En cas de contact avec la peau : provoque des brûlures. En cas de contact avec les yeux : provoque des brûlures. Danger de perte de la vue ! En cas d'ingestion : irritation des muqueuses de la bouche, de la gorge, de l'oesophage et du tube digestif. Danger de perforation pour l'oesophage et l'estomac.

12. Informations écologiques

Ne pas évacuer dans les eaux naturelles, les eaux d'égout ou le sol !

13. Considérations relatives à l'élimination

* Produit: Il n'existe pas encore de réglementation uniforme concernant l'élimination des produits chimiques et de leurs résidus au sein de l'Union Européenne. Les produits chimiques et leurs résidus doivent être considérés comme des déchets spéciaux. Leur élimination est réglementée par chaque état membre. Nous vous recommandons de prendre contact avec les autorités compétentes (administration ou sociétés spécialisées dans l'élimination des déchets) qui vous informeront des mesures à prendre en matière d'élimination.

* Emballage: Elimination selon les réglementations officielles en vigueur. Les récipients contaminés doivent être traités de manière identique au produit qu'ils contenaient. Sauf réglementation spécifique, les récipients non contaminés peuvent être éliminés comme déchets ménagers ou être recyclés.



15/10/2008

14. Informations relatives au transport

- Transport rail/route RID/ADR: Classe RID/ADR: 8 Enumération et lettre: 61°c) Désignation internationale de la matière: 1791 - SODIUM HYPOCHLORITE EN SOLUTION * Transport fluvial ADN/ADN: Règlement non examiné
- Transport maritime OMI/IMDG: Classe OMI/IMDG: 8 Numéro ONU/UN: 1791 Groupe d'emballage: III No fiche sécurité: 8-08 No table GSMU: 741 Désignation technique internationale de la matière: SODIUM HYPOCHLORITE, SOLUTION
- Transport aérien IATA/OACI: Classe IATA/OACI: 8 Numéro UN/ID: 1791 Groupe d'emballage: III Désignation exacte d'expédition: HYPOCHLORITE SOLUTION
- Transport rail/route Arrêté ADR:

15. Informations réglementaires

- Etiquetage selon les Directives CE Symbole(s): C Type de danger(s) : Corrosif Phrase(s)-R: 31-34 Au contact d'un acide, dégage un gaz toxique. Provoque des brûlures. Phrase(s)-S: 26-28-36/37/39-45 En cas de contact avec les yeux, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et consulter un spécialiste. Après contact avec la peau, se laver immédiatement et abondamment avec de l'eau. Porter un vêtement de protection approprié, des gants et un appareil de protection des yeux/du visage. En cas d'accident ou de malaise consulter immédiatement un médecin (si possible lui montrer l'étiquette). Numéro CEE: 231-668-3
- Réglementations Françaises

16. Autres informations

* Motif de la révision: Remaniement général. Date de mise à jour: 09.12.1993 Annule l'édition du: 06.12.1993 (R) : MARQUE DEPOSEE Les renseignements contenus dans cette fiche sont basés sur l'état actuel de nos connaissances relatives au produit concerné, à la date de mise à jour. Ils sont donnés de bonne foi. Cette fiche ne représente pas une garantie sur les propriétés du produit. Elle ne dispense pas son utilisateur de se conformer à l'ensemble des textes réglementant son activité.



Tel: 27.56.82 Fax: 27.70.87

Fiche de données de sécurité

Selon la directive 91/155/CEE

Version du: 25.08.2001 Remplace l'édition du 10.10.1996

1. Identification de la substance/préparation et de la société/entreprise

Identification de la substance ou de la préparation

Code produit: C4251

Nom du produit: SODIUM BISULFITE

Identification du fournisseur

Société/entreprise: AJAX FINECHEM

Numéro d'appel d'urgence: 18

2. Composition/informations sur les composants

Synonymes

Sodium métabisulfite, Sodium pyrosulfite

Numéro CAS: 7681-57-4 Index CE: 016-063-00-2

Masse molaire: 190.10 g/mol Numéro CE: 231-673-0

Formule brute:(Hill) Na₂O₅S₂

3. Identification des dangers

Nocif en cas d'ingestion. Au contact d'un acide, dégage un gaz toxique. Risque de lésions oculaires graves.

4. Premiers secours

En cas d'inhalation : faire respirer de l'air frais.

En cas de contact avec la peau : laver abondamment à l'eau. Enlever les vêtements souillés.

En cas de contact avec les yeux : rincer abondamment à l'eau, en maintenant les paupières écartées.

Consulter un ophtalmologiste.

En cas d'ingestion: faire boire beaucoup d'eau, provoquer le vomissement. Consulter immédiatement un médecin.

5. Mesures de lutte contre l'incendie

Moyens d'extinction appropriés:

Adapter aux produits stockés à proximité directe.

Risques particuliers:

Non combustible. En cas d'incendie, risque de formation de gazes de combustion ou de vapeurs dangereuses.

En cas d'incendie, peut se former : soufre oxydes.

Equipements spéciaux de protection:

Ne pas rester dans une zone dangereuse sans vêtements de protection chimique et appareil respiratoire autonome.

Indications annexes:

Précipiter les vapeurs se dégageant avec de l'eau. Eviter la pénétration des eaux d'extinction dans les eaux superficielles ou la nappe phréatique.



Tel: 27.56.82 Fax: 27.70.87

6. Mesures à prendre en cas de dispersion accidentelle

Mesures de précaution des personnes :

Eviter l'inhalation des poussières. Eviter le contact avec la substance.

Mesures de protection de l'environnement :

Ne pas rejeter à l'égout.

Procédure de nettoyage / absorption :

Récupérer à l'état sec. Acheminer vers l'élimination. Nettoyer. Eviter la formation de poussière.

7. Manipulation et stockage

Manipulation: Pas d'autres exigences.

Stockage: Bien fermé. A l'abri de l'humidité. Températures de stockages: sans limites.

8. Contrôle de l'exposition/protection individuelle

Equipements de protection individuelle:

Choisir les moyens de protection individuelle en raison de la concentration et de la quantité des substances dangereuses et du lieu de travail. S'informer auprès du fournisseur sur la résistance chimique des moyens de protection.

Protection respiratoire: nécessaire en cas de formation de poussières.

Protection des yeux: nécessaire.

Protection des mains: nécessaire.

Mesures d'hygiène: Enlever tout vêtement souillé. Se laver les mains après le travail.

9. Propriétés physiques et chimiques

Forme: poudre

Couleur: incolore

Odeur: légèrement piquante

pH à 50 g/l H₂O (20 °C) 3.5-5

Point de fusion ~ 150 °C (décomposition)

Point d'ébullition non applicable

Température d'inflammation non applicable

Point d'éclair non applicable

Limites d'explosion inférieure non applicable

supérieure non applicable

Densité (20 °C) 1.48 g/cm³

Densité apparente 1100-1200 kg/m³

Solubilité dans

 eau (20 °C) ~ 650 g/l

 éthanol difficilement soluble

Décomposition thermique > 150 °C

10. Stabilité et réactivité

Conditions à éviter

Fort réchauffement

Matières à éviter

acides, oxydant.

Produits de décomposition dangereux



Tel: 27.56.82 Fax: 27.70.87

11. Informations toxicologiques

Toxicité aigüe

DL50 (oral(e), rat): 1540 mg/kg.

Symptômes spécifiques dans les études sur l'animal:

Test d'irritation cutanée (lapin): pas d'irritation.

Test d'irritation des yeux (lapin): Irritations.

Toxicité chronique

Non cancérigène dans l'essai sur l'animal.

Pas de risque de lésion de la capacité de reproduction selon le test sur animaux.

Pas de risque tératogène selon le test sur animaux.

Action mutagène bactérienne:

Test d'Ames: négatif.

Test micronucléus: négatif.

Autres informations toxicologiques

En cas d'inhalation : irritations des muqueuses, toux et dyspnée.

En cas de contact avec la peau: faibles irritations.

En cas de contact avec les yeux: Risque de lésions oculaires graves.

En cas d'ingestion: irritation des muqueuses de la bouche, de la gorge, de l'œsophage et du tube digestif.

Autres données

Manipuler ce produit avec les précautions d'usage pour un produit chimique.

12. Informations écologiques

Biodégradation:

Les méthodes de détermination concernant la biodégradabilité ne s'appliquent pas aux composés inorganiques.

Effets écotoxiques:

Effets biologiques:

Effet nocif dans les organismes aquatiques.

En cas d'évacuation appropriée, aucune perturbation n'est à craindre dans les stations d'épuration biologiquement adaptées.

Toxicité sur les poissons: *Onchorhynchus mykiss* CL50: 150-220 mg/l /96 h.

Toxicité sur les daphnies: *Daphnia magna* CE50: 89 mg/l /48 h.

Toxicité sur les algues: *Desmodesmus subspicatus* CI50: 48 mg/l /72 h.

Toxicité sur les bactéries: *Ps. putida* CE50: 56 mg/l /17 h.

Autres indications concernant l'écologie :

DCO: 0.168 g/g (calculé).

DThO: 0.154 g/g.

Ne pas évacuer dans les eaux naturelles, les eaux d'égout ou le sol !

13. Considérations relatives à l'élimination

Produit:

Il n'y a pas de réglementation uniforme concernant l'élimination des produits chimiques et de leurs résidus au sein de l'Union Européenne. Les produits chimiques et leurs résidus doivent être considérés comme des déchets spéciaux. Leur élimination est réglementée par chaque état membre.

Nous vous recommandons de contacter les autorités compétentes ou les sociétés spécialisées dans l'élimination des déchets qui sauront vous renseigner sur les moyens d'éliminer les déchets spéciaux.

Emballage:

Élimination conformément à la législation en vigueur. Les récipients contaminés doivent être traités de la même façon que le produit chimique respectif. Sauf réglementation spécifique les récipients non contaminés peuvent être éliminés comme déchets ménagers ou bien être recyclés.

14. Informations relatives au transport

Emballage complet : non soumis aux prescriptions de transport.



Tel: 27.56.82 Fax: 27.70.87

15. Informations réglementaires

Etiquetage selon les directives CEE

Symboles: Xn Nocif

Phrases R: 22-31-41 Nocif en cas d'ingestion. Au contact d'un acide, dégage un gaz toxique. Risque de lésions oculaires graves.

Phrases S: 26-39-46 En cas de contact avec les yeux, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et consulter un spécialiste. Porter un appareil de protection des yeux/du visage. En cas d'ingestion consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'emballage ou l'étiquette.

Numéro CE : 231-673-0 Etiquetage CE

16. Autres informations

Modification de l'étiquetage. Remaniement général.

Les indications données ici sont basées sur l'état actuel de nos connaissances.

Elles décrivent les dispositions de sécurité à prendre vis à vis du produit concerné.

Elles ne représentent pas une garantie sur les propriétés du produit.



Tel: 27.56.82 Fax: 27.70.87

FICHE DE DONNEES DE SECURITE

SOLUTION DE CHLORURE FERRIQUE à 40%

Date : 07/11/2002

Annule et remplace: 02/03/2000

01 - IDENTIFICATION DE LA SUBSTANCE/PREPARATION ET DE LA SOCIETE

NOM DE LA PREPARATION : Solution de chlorure ferrique à 40%

UTILISATIONS RECOMMANDEES Traitement des eaux potables ou résiduaires

Industrie des colorants
Industrie des ocres
Industrie du savon
Décapage des aciers spéciaux
Décoloration des huiles végétales

NOM DU FOURNISSEUR MESACHIMIE SARL
BP 7952 98801 NOUMEA

02 - COMPOSITION / INFORMATION SUR LES COMPOSANTS

NATURE CHIMIQUE DE LA PREPARATION CHLORURE FERRIQUE 40% (en solution aqueuse)
CAS 7705-08-0
EINECS 231-729-4

03 - IDENTIFICATION DES DANGERS

PRINCIPAUX DANGERS	-
EFFETS SUR LA SANTE	Risque de lésions oculaires graves
EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT	Nocif pour la faune aquatique Nocif pour la flore aquatique
DANGERS PHYSIQUES ET CHIMIQUES	Décomposition thermique en produits corrosifs Par corrosion des métaux, formation d'hydrogène inflammable et explosible
RISQUES SPECIFIQUES / CE IRRITANT	Risque de lésions oculaires graves

04 - PREMIERS SECOURS

CONSEILS GENERAUX	Enlever immédiatement tout vêtement souillé ou éclaboussé
INHALATION	Inhalation des vapeurs du produit chauffé : Amener la victime à l'air libre Oxygène ou respiration artificielle si nécessaire Mettre sous surveillance médicale En cas de troubles : Hospitaliser
CONTACT AVEC LA PEAU	Lavage immédiat, abondant et prolongé à l'eau
CONTACT AVEC LES YEUX	Lavage immédiat et abondant à l'eau en écartant bien les paupières pendant au moins 15 minutes Consulter d'urgence un ophtalmologiste
INGESTION	Ne pas tenter de faire vomir, rincer abondamment la bouche et les lèvres à l'eau si le sujet est conscient, puis hospitaliser
PROTECTION DES SAUVETEURS	Risque(s) de : Produits de décomposition thermique (Acide chlorhydrique) Pour toute intervention, port d'un appareil respiratoire approprié Vêtement de protection



Tel: 27.56.82 Fax: 27.70.87

05 - MESURES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

DANGERS SPECIFIQUES

Température supérieure à 160 °C :
Décomposition thermique en produits corrosifs : Chlorure d'hydrogène gazeux
Par corrosion des métaux, formation d'hydrogène inflammable et explosible

METHODES PARTICULIERES D'INTERVENTION EQUIPEMENTS SPECIAUX POUR LA PROTECTION DES INTERVENANTS

Refroidir les récipients/réservoirs par pulvérisation d'eau
En cas d'incendie, porter un appareil respiratoire autonome
Vêtement de protection anti-acides

06 - MESURES A PRENDRE EN CAS DE DISPERSION ACCIDENTELLE

PRECAUTIONS INDIVIDUELLES

Prohiber le contact avec la peau, les yeux et l'inhalation des vapeurs
Utiliser un équipement de protection individuelle

PRECAUTIONS POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Ne pas rejeter dans l'environnement
Empêcher le produit de pénétrer dans les égouts
Endiguer

METHODES DE NETTOYAGE

-
Récupération Pomper dans un réservoir de secours inerte
Après le nettoyage, rincer les traces avec de l'eau
Récupérer l'eau usée pour traitement ultérieur
Neutralisation Diluer dans de l'eau
Neutraliser avec un carbonate alcalin

07 - MANIPULATION ET STOCKAGE

MANIPULATION

-
Mesures techniques/Précautions Consignes de stockage et de manipulation applicables
aux produits :
LIQUIDES
IRRITANTS
Voire
CORROSIFS
Prévoir une ventilation et une évacuation appropriée au niveau des équipements
Prévoir douches, fontaines oculaires
Conseils d'utilisation Prohiber les points d'ignition à l'ouverture des réservoirs - Ne
pas fumer
Manipuler en évitant les projections
En cas de fumées dangereuses, porter un appareil respiratoire autonome

STOCKAGE -

Mesures techniques/Conditions de stockage

Conserver le récipient bien fermé
Stocker à l'abri de la chaleur et des points d'ignition
Prévoir cuvette de rétention et appareillage électrique anticorrosion

MATERIAUX D'EMBALLAGE

-
Recommandés Acier ébônité ou caoutchouté
Matières plastiques
Poly(chlorure de vinyle)
Polyéthylène
Polytétrafluoroéthylène (PTFE)
(Soreflon)
A éviter Métaux non protégés



Tel: 27.56.82 Fax: 27.70.87

08 - CONTROLE DE L'EXPOSITION/PROTECTION INDIVIDUELLE

MESURES TECHNIQUES
PARAMETRES DE CONTROLE
Valeurs limites d'exposition (*)

Prévoir un renouvellement d'air et/ou une aspiration suffisante dans les ateliers

-
ACIDE CHLORHYDRIQUE :
FRANCE 1999 : VLE = 5 ppm
USA-ACGIH 2002 : TLV-STEL = 5 ppm

EQUIPEMENTS DE PROTECTION
INDIVIDUELLE

-
Protection respiratoire En cas de ventilation insuffisante, porter un appareil respiratoire approprié
Protection des mains Gants
Protection des yeux Lunettes de sécurité
Protection de la peau et du corps Vêtements de protection
Tablier anti-acide
Bottes
Mesures d'hygiène spécifiques Prohiber le contact avec la peau, les yeux et l'inhalation des vapeurs

09 - PROPRIETES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

ETAT PHYSIQUE (20°C)
COULEUR
ODEUR
pH 0.9 :
TEMPERATURE DE DECOMPOSITION
MASSE VOLUMIQUE DE LA VAPEUR
MASSE VOLUMIQUE (20 °C) :
SOLUBILITE
EAU
AUTRES DONNEES

Liquide
Brun foncé
Irritante
pour une teneur de 1.5 g/l en acide chlorhydrique
160 °C
1.5 kg/m³
1420 kg/m³
-
Soluble, mais avec floculation de l'hydroxyde
Viscosité à 20°C : 13 mPa.s
Congélation < - 10°C

10 - STABILITE ET REACTIVITE

CONDITIONS A EVITER
MATIERES A EVITER

Tenir à l'écart de la chaleur et des sources d'ignition
Métaux
Bases
Oxydants

PRODUITS DE DECOMPOSITION
DANGEREUX

Hydrogène, par réaction avec les métaux
Chlore, par réaction avec des oxydants
Décomposition thermique en produits corrosifs :
Chlorure d'hydrogène gazeux

11 - INFORMATIONS TOXICOLOGIQUES

TOXICITE AIGÛE

-
Inhalation Expérimentalement, chez l'animal :
Pratiquement non nocif par inhalation
Non létal chez le rat en atmosphère saturée de vapeurs pendant 8h
(En solution aqueuse 40%)
Ingestion L'ingestion pourrait provoquer des nausées, des vomissements, une irritation de la gorge, des maux d'estomac
Troubles graves possibles
-
Expérimentalement, chez l'animal :
Nocif en cas d'ingestion. (Produit anhydre)
(En solution aqueuse 40%) :
DL50/orale/rat = 2900 mg/kg



Tel: 27.56.82 Fax: 27.70.87

EFFETS LOCAUX

- Contact avec la peau Irritant par contact prolongé
Pigmentation brune persistant plusieurs jours
-
- Expérimentalement, chez l'animal :
Non irritant pour la peau (lapin)
Contact avec les yeux Lésions graves avec séquelles possibles si un lavage n'est pas effectué rapidement
-
- Expérimentalement, chez l'animal :
Sévèrement irritant pour les yeux (lapin)

12 - INFORMATIONS ECOLOGIQUES

BIOACCUMULATION

Bioaccumulable dans la faune et la flore aquatique
Eau de mer, plante : Facteur de Bioconcentration (FBC) = 50000 (Fe)
Eau de mer, poisson : Facteur de Bioconcentration (FBC) = 3000 (Fe)
Eau douce, plante : Facteur de Bioconcentration (FBC) = 5000 (Fe)
Eau douce, poisson : Facteur de Bioconcentration (FBC) = 300 (Fe)

ECOTOXICITE

TOXICITE AQUATIQUE

-
Toxicité aigüe Nocif pour les poissons : CL50, 96h (Gambusia affinis) = 75.6 mg/l
Nocif pour la daphnie : CE(I)50, 48h = 27.9 mg/l
Nocif pour les algues CI 50 = 10.3 - 20.5 mg/l
Autres invertébrés aquatiques : CE50,96h, Annélide annélidé = 296 mg/l
Toxicité à long terme Daphnie (immobilisation) : CE50, 21d = 17.1 mg/l
Daphnie (inhibition de la reproduction) : CE50, 21d = 15.1 mg/l
Algue : concentration sans effet, 4 mo = 2.7 mg/l
Algue : concentration minimale inhibitrice de la croissance, 4 mo = 5.5 mg/l
Autres organismes aquatiques (crustacés) : CL50, 30d = 38.4 mg/l

COMPORTEMENT EN INSTALLATION

DE TRAITEMENT DES EAUX RESIDUAIRES

Début d'inhibition des boues activées : 500 mg/l (Fe)
Inhibition totale des boues activées : > 1500 mg/l (Fe)

13 - CONSIDERATIONS RELATIVES A L'ELIMINATION

ELIMINATION DU PRODUIT

Diluer dans de l'eau
Neutraliser avec un carbonate alcalin

ELIMINATION DES EMBALLAGES

Nettoyer le récipient avec de l'eau
Récupérer l'eau usée pour traitement ultérieur
Neutraliser avec un carbonate alcalin

14 - INFORMATIONS RELATIVES AU TRANSPORT (*)

Nom technique d'expédition : (*) Voir rubrique : 2 (*)
RID/ADR (*) N°ONU : 2582 (*)
N° d'identification du danger : 80 (*)
Classe : 8
Groupe d'emballage : III (*)
Code de classification : C1 (*)
Etiquette(s) : 8 (*)
ADN/ADNR (*) N° d'identification de la matière : 2582 (*)
N° d'identification du danger : 80 (*)
Classe : 8 (*)
Chiffre (et lettre) : 5°c (*)
Etiquette(s) : 8 (*)
IMDG (*) N°ONU (IMDG) : 2582
Classe : 8
Risques subsidiaires : - (*)
Groupe d'emballage : III
Etiquette(s) : 8 (*)
Polluant Marin (MP) : NON (*)
IATA (*) N°ONU (IATA) ou N°ID : 2582



Tel: 27.56.82 Fax: 27.70.87

Classe : 8
Risques subsidiaires : - (*)
Groupe d'emballage : III
Etiquette(s) : 8 (*)

15 - INFORMATIONS REGLEMENTAIRES (*)

DIRECTIVE CEE (*) -

FICHES DE DONNEES DE SECURITE (*) D. 91/155/CEE modifiée par D.93/112/CEE et par D. 2001/58/CE : Substances et préparations dangereuses (*)

CLASSEMENT / ETIQUETAGE CE (*) -

N° CE (EINECS) 231-729-4

PREPARATIONS DANGEREUSES (*) D. 1999/45/CE modifiée par D. 2001/60/CE (*)

Xi _ IRRITANT

R41 _ Risque de lésions oculaires graves

S26 _ En cas de contact avec les yeux, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et consulter un spécialiste

S28 _ Après contact avec la peau, se laver immédiatement et abondamment avec de l'eau

S39 _ Porter un appareil de protection des yeux/du visage

REGLEMENTATION FRANCAISE -

FICHES DE DONNEES DE SECURITE Arrêté du 5.1.93 modifié par arrêté du 7.2.97 : Substances et préparations dangereuses

CLASSEMENT / ETIQUETAGE -

PREPARATIONS DANGEREUSES Arrêté du 21.2.90 modifié par arrêtés du 25.11.93 et du 5.5.95

SANTE - PREVENTION -

MALADIES A CARACTERE

PROFESSIONNEL

Code de la Sécurité sociale : articles L461-6 et D.461-1

SECURITE AU TRAVAIL Code du travail art. R 232-5 à 5-14. Captation des vapeurs, aérosols et particules solides à la source d'émission. Assainissement

INSTALLATIONS CLASSEES Loi n° 76-663 du 19.7.76 - Décret n° 77-1133 du 21.9.77 modifié et circulaire du 17.7.78

DECHETS (*) Loi n°75-633 du 15.7.75 - Instruction technique du 22.1.80 sur les déchets industriels

Arrêté du 02.02.1998, modifié par l'arrêté du 29.05.2000 et par l'arrêté du 03.08.2001, relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau, ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation (*)

INVENTAIRES EINECS (UE) : 231-729-4

TSCA (USA) : inscrit

DSL (Canada) : inscrit

AICS (Australie) : inscrit

ENCS (Japon) : 1-213X

ECL (Corée) : KE-21134

16 - AUTRES INFORMATIONS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES Fiche toxicologique INRS : N° 154 (Chlorure ferrique et solutions aqueuses)

AUTRES INFORMATIONS EN CAS D'EMPLOI DANS DES FORMULATIONS, NOUS CONTACTER POUR L'ETIQUETAGE

-

Les (*) indiquent les modifications par rapport à la version précédente

Ce document s'applique au produit EN L'ETAT, conforme aux spécifications fournies par le fabricant

En cas de combinaisons ou de mélanges, s'assurer qu'aucun danger nouveau ne puisse apparaître

Les renseignements contenus dans cette fiche sont donnés de bonne foi et basés sur nos dernières connaissances relatives au produit concerné, à la date d'édition. Toutefois certaines données sont en cours de révision

L'attention des utilisateurs est attirée sur les risques éventuellement encourus lorsqu'un produit est utilisé à d'autres usages que ceux pour lesquels il est destiné. Cette fiche ne doit être utilisée et reproduite qu'à des fins de prévention et de sécurité

L'énumération des textes législatifs, réglementaires et administratifs ne peut être considérée comme exhaustive

Il appartient au destinataire du produit de se reporter à l'ensemble des textes officiels concernant l'utilisation, la détention et la manipulation du produit pour lesquelles il est seul responsable

L'utilisateur du produit doit également porter à la connaissance des personnes qui peuvent entrer en contact avec le produit (emploi, stockage, nettoyage des conteneurs, interventions diverses)

toutes les informations nécessaires à la sécurité du travail, à la protection de la santé et de l'environnement, en leur transmettant cette fiche de données de sécurité



ACIDE CITRIQUE

Fiche de données de sécurité selon la Directive Européenne 91/155/CEE
Page 1 à 3.

1. Identification du produit et de la société

* Identification du produit

Code produit:160 Nom du produit: ACIDE CITRIQUE A 1 H2O

* Identification du distributeur

MESACHIMIE
3, rue St Antoine Numbo
B.P. 7952
98801 Nouméa Nouvelle-Calédonie
Tél : 27.56.82 Fax : 27.70.87

2. Composition/informations sur les composants

Numéro CAS: 77-92-9 Masse molaire: 192.13 EINECS: 201-069-1 Formule brute: C 6 H 8 O 7

3. Identification des dangers

Irritant pour les yeux

4. Premiers secours

Après inhalation: Air frais. Après contact avec la peau: laver avec beaucoup d'eau. Retirer les vêtements contaminés.
Après contact avec les yeux: rincer abondamment à l'eau en ouvrant les paupières. Consulter un ophtalmologiste. En cas d'ingestion: faire boire immédiatement beaucoup d'eau (éventuellement plusieurs litres). Consulter un médecin.

5. Mesures de lutte contre l'incendie

Moyens d'extinction appropriés: Adapter aux produits stockés à proximité directe. Risques particuliers: combustible
En cas d'incendie, risque de formation de gazes de combustion ou de vapeurs dangereuses. Equipements spéciaux de protection: Ne pas rester dans une zone dangereuse sans vêtements de protection chimique et appareil respiratoire autonome. Indications annexes: Précipiter les vapeurs se dégageant avec de l'eau.

6. Mesures à prendre en cas de dispersion accidentelle

Mesures de précaution des personnes : Eviter la formation de poussière; ne pas inhaler les poussières. Eviter le contact avec la substance. Procédure de nettoyage / absorption : Récupérer à l'état sec. Acheminer vers l'élimination. Nettoyer.

7. Manipulation et stockage

Manipulation: Pas d'autres exigences. Stockage: Bien fermé. A l'abri de l'humidité. Températures de stockages: sans limites. Exigences concernant les locaux de stockage et les récipients : Pas de récipients en métal.



8. Contrôle de l'exposition/protection individuelle

Equipements de protection individuelle: Protection respiratoire: nécessaire en cas de formation de poussières. Protection des yeux: nécessaire Protection des mains: nécessaire Choisir les moyens de protection individuelle en raison de la concentration et de la quantité des substances dangereuses et du lieu de travail. S'informer auprès du fournisseur sur la résistance chimique des moyens de protection. Mesures d'hygiène: Enlever tout vêtement souillé. Une protection préventive de la peau est recommandée. Se laver les mains après le travail.

9. Propriétés physiques et chimiques

Forme: solide Couleur: blanc Odeur: inodore pH à 100 g/l H₂O (20 °C) env. 1.7 Point de fusion 153 °C Point d'ébullition non disponible Température d'inflammation non disponible Point d'éclair non disponible Limites d'explosivité inférieure non disponible supérieure non disponible Densité de vapeur relative non disponible Densité (20 °C) 1.54 g/cm³ Densité apparente env. 560 kg/m³ Solubilité dans eau (20 °C) 1330 g/l Log P(o/w) 1.72

10. Stabilité et réactivité

Conditions à éviter Fort réchauffement Matières à éviter métaux, oxydant, bases, réducteur. Produits de décomposition dangereux inconnu jusqu'à présent Autres données possibilité d'explosion de la poussière;

11. Informations toxicologiques

Toxicité aiguë DL 50 (oral(e), rat): 3000 mg/kg Autres informations toxicologiques Substance présente dans le corps dans les conditions physiologiques normales. En cas d'inhalation de poussière: Irritations des voies respiratoires. En cas de contact avec la peau: faibles irritations. en cas de contact avec les yeux : irritation. En cas d'ingestion en grande quantité: Irritations sur: muqueuses(estomac); toux, douleurs, vomissements sanglants. Faible toxicité aiguë dans les essais sur l'animal. Autres données Manipuler ce produit avec les précautions d'usage pour un produit chimique.

12. Informations écologiques

Biodégradation: Biodégradabilité facile. Facilement éliminable. Comportement dans les compartiments de l'environnement: Répartition: log P(o/w) 1.72 ; Risque de bioaccumulation remarquable improbable (log P(o/w) 1-3). Effets écotoxiques: Effets biologiques: Effet nocif dans les organismes aquatiques. Effet nocif par modification du pH. Toxicité sur les poissons: *Leuciscus idus* CL 50 : 440 mg/l ; *C. auratus* CL 100 : 894 mg/l (pendant une durée prolongée dans l'eau ; Toxicité sur les daphnies: *Daphnia magna* CE 50 : 85 mg/l ; Concentration limite de toxicité: Protozoaires: *E. sulcatum* CE 5 : 486 mg/l ; Toxicité sur les bactéries: *Ps. putida* CE 5 : > 10000 mg/l ; Toxicité sur les algues: *Sc. quadricauda* CE 5 : 640 mg/l ; *M. aeruginosa* CE 5 : 80 mg/l ; Autres indications concernant l'écologie : Dégradabilité: DBO 5 : 0.42 g/g ; DThO: 0.686 g/g ; DCO: 0.680 g/g . En cas de manipulation et d'utilisation adéquates, aucun problème écologique n'est à craindre.

13. Considérations relatives à l'élimination

Produit: Il n'y a pas de réglementation uniforme concernant l'élimination des produits chimiques et de leurs résidus au sein de l'Union Européenne. Les produits chimiques et leurs résidus doivent être considérés comme des déchets spéciaux. Leur élimination est réglementée par chaque état membre. Nous vous recommandons de contacter les autorités compétentes ou les sociétés spécialisées dans l'élimination des déchets qui sauront vous renseigner sur les moyens d'éliminer les déchets spéciaux. Emballage: Elimination conformément à la législation en vigueur. Les récipients contaminés doivent être traités de la même façon que le produit chimique respectif. Sauf réglementation spécifique les récipients non contaminés peuvent être éliminés comme déchets ménagers ou bien être recyclés.



14. Informations relatives au transport

Non soumis aux prescriptions de transports.

15. Informations réglementaires

Etiquetage selon les directives CEE Symboles: Xi Irritant Phrases R: 36 Irritant pour les yeux. Phrases S: 24/25 Eviter le contact avec la peau et les yeux. Réglementations allemandes Cl. de pollution d. eaux (RFA) 0 (substances généralement non polluantes)

16. Autres informations

Motif de modification Valeurs limites pour la protection au travail. Version du: 10.09.97 Remplace l'édition du 25.10.1996 Les indications données ici sont basées sur l'état actuel de nos connaissances. Elles décrivent les dispositions de sécurité à prendre vis à vis du produit concerné. Elles ne représentent pas une garantie sur les propriétés du produit.



05.05.00

SOLUTION DE SOUDE CAUSTIQUE

A 30%

Fiche de données de sécurité selon la Directive Européenne 91/155/CEE

page 1 à 3.

1. Identification du produit et de la société

* Identification du produit

Code produit:

Nom du produit: Hydroxyde Sodium en solution à 30%

* Identification du distributeur

MESACHIMIE

4, rue du Docteur - Lescour Quartier - Latin

98846 NOUMEA Nouvelle -Calédonie

B.P. 2368

Tél : 27.56.82

Fax : 27.70.87

2. Composition/informations sur les composants

Synonymes : lessive de soude à 30%

Numéro CAS: 1310-73-2 Index CE: 011-002-00-6

Classification : C ; R 35

3. Identification des dangers

Provoque de graves brûlures.

4. Premiers secours En cas d'inhalation: faire respirer de l'air frais. Consulter un médecin. En cas de contact avec la peau: laver abondamment à l'eau. Tamponner au polyéthylèneglycol 400. Enlever immédiatement les vêtements souillés. En cas de contact avec les yeux: rincer abondamment à l'eau en maintenant les paupières écartées (au moins 10 minutes). Consulter un ophtalmologiste. En cas d'ingestion: faire boire beaucoup d'eau (éventuellement plusieurs litres), ne pas provoquer le vomissement (danger de perforation!). Consulter immédiatement un médecin. Ne pas essayer de neutraliser.

5. Mesures de lutte contre l'incendie

Moyens d'extinction appropriés: CO 2 , poudre. Couvrir avec du sable sec ou du ciment. Extincteur: poudre inhibitrice de braises, CO 2 . Risques particuliers: Non combustible. Possibilité d'émanation de vapeurs dangereuses en cas d'incendie à proximité. Risque de formation d'hydrogène en cas de contact avec des métaux légers (danger d'explosion !). Equipements spéciaux de protection: Ne pas rester dans une zone dangereuse sans vêtements de protection chimique et appareil respiratoire autonome. Indications annexes: Eviter la pénétration des eaux d'extinction dans les eaux superficielles ou la nappe phréatique. Précipiter les vapeurs se dégageant avec de l'eau.

6. Mesures à prendre en cas de dispersion accidentelle

Mesures de précaution des personnes : Eviter la formation de poussière; ne pas inhaler les poussières. Mesures de protection de l'environnement : Ne pas rejeter à l'égout. Procédure de nettoyage / absorption : Récupérer avec précaution à l'état sec. Acheminer vers l'élimination. Nettoyer. Indications complémentaires : Rendre inoffensif: neutraliser par l'acide sulfurique dilué.



05.05.00

7. Manipulation et stockage

Manipulation: Pas d'autres exigences. Stockage: Bien fermé. A l'abri de l'humidité. Pas à proximité d'acides. Températures de stockages: sans limites. Exigences concernant les locaux de stockage et les récipients : Ne pas utiliser des récipients en aluminium, étain ou zinc.

8. Contrôle de l'exposition/protection individuelle

Equipements de protection individuelle: Protection respiratoire: nécessaire en cas de formation de poussières. Protection des yeux: nécessaire Protection des mains: nécessaire Choisir les moyens de protection individuelle en raison de la concentration et de la quantité des substances dangereuses et du lieu de travail. S'informer auprès du fournisseur sur la résistance chimique des moyens de protection. Mesures d'hygiène: Enlever immédiatement tout vêtement souillé. Protection préventive de la peau. Se laver les mains et le visage après le travail..

9. Propriétés physiques et chimiques

Forme:Liquide Couleur: incolore Odeur: inodore. pH 14 à 20 °C env. Point de fusion non disponible Point d'ébullition non disponible. Température d'inflammation non disponible Point d'éclair non disponible Limites d'explosivité inférieure non disponible supérieure non disponible Densité de vapeur relative non disponible Densité (20 °C) 1.33 g/cm³ Solubilité dans eau :soluble.

10. Stabilité et réactivité

Conditions à éviter aucune information disponible. Matières à éviter métaux, métaux légers: Formation de : hydrogène (danger d'explosion !); acides, nitriles, métaux alcalino-terreux en poudre, composés de l'ammonium, cyanures, magnésium, composés nitrés organiques, substances organiques combustibles, phénols et substances oxydables. Produits de décomposition dangereux aucune information disponible.

11. Informations toxicologiques

Toxicité aiguë :

Nous ne disposons pas de données quantitatives concernant la toxicité de ce produit. Toxicité chronique Un risque de tératogénèse n'est pas à craindre lorsque la concentration maximale sur le lieu de travail est respectée. Autres informations toxicologiques En cas d'inhalation: brûlures des muqueuses. En cas de contact avec la peau: brûlures. En cas de contact avec les yeux: brûlures. Danger de perte de la vue! En cas d'ingestion: irritation des muqueuses de la bouche, de la gorge, de l'oesophage et du tube digestif. Danger de perforation pour l'oesophage et l'estomac. Autres données Décomposition de la substance par l'humidité des tissus. Manipuler ce produit avec les précautions d'usage pour un produit chimique.

12. Informations écologiques

Biodégradation: non biodégradable Comportement dans les compartiments de l'environnement: Nombre d'évaluation (RFA) (poissons): 3.7 ; Effets écotoxiques: Effets biologiques: Effet toxique pour poissons et plancton. Effet nocif par modification du pH. Possibilité de létalité des poissons. Ne provoque pas de consommation biologique de l'oxygène. Neutralisation possible dans les stations d'épuration. Toxicité sur les poissons: CL 50 : 189 mg/l (solution 1 N = 40 g/l) ; poissons CE 0 : < 20 mg/l ; organismes aquatiques CL 50 : 10 - 100 mg/l /96 h ; Autres indications concernant l'écologie : Ne pas évacuer dans les eaux naturelles, les eaux d'égout ou le sol !



05.05.00

13. Considérations relatives à l'élimination

Produit: Il n'y a pas de réglementation uniforme concernant l'élimination des produits chimiques et de leurs résidus au sein de l'Union Européenne. Les produits chimiques et leurs résidus doivent être considérés comme des déchets spéciaux. Leur élimination est réglementée par chaque état membre. Nous vous recommandons de contacter les autorités compétentes ou les sociétés spécialisées dans l'élimination des déchets qui sauront vous renseigner sur les moyens d'éliminer les déchets spéciaux. Emballage: Elimination conformément à la législation en vigueur. Les récipients contaminés doivent être traités de la même façon que le produit chimique respectif. Sauf réglementation spécifique les récipients non contaminés peuvent être éliminés comme déchets ménagers ou bien être recyclés.

14. Informations relatives au transport

Transport terrestre ADR/RID et GGVS/GGVE (Allemagne) Rail/Route Allemagne 8 Enumération et lettre 41b Classe ADR/RID: 8 Enumération et lettre 41b Nom de la matière: 1823 NATRIUMHYDROXID,FEST Transport fluvial ADN/ADNR non vérifié Transport maritime IMDG Classe IMDG: 8 Numéro ONU 1823 Groupe d'emballage: II Fiche de sécurité: 8-06 GSMU: 705 Désignation officielle: SODIUM HYDROXIDE,SOLID Transport OACI/IATA Classe OACI/IATA: 8 UN/ID-No.: 1823 Groupe d'emballage: II Désignation officielle: SODIUM HYDROXIDE,SOLID Les prescriptions concernant le transport sont citées conformément aux accords internationaux et dans la forme utilisée en Allemagne (GGVS/GGVE). Ne sont pas prises en considération les différences en vigueur dans les autres pays.

15. Informations réglementaires

Etiquetage selon les directives CEE Symboles: C Corrosif Phrases R: 35 Provoque de graves brûlures. Phrases S: 26-37/39-45 En cas de contact avec les yeux, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et consulter un spécialiste. Porter des gants appropriés et un appareil de protection des yeux/du visage. En cas d'accident ou de malaise consulter immédiatement un médecin (si possible lui montrer l'étiquette). CE No.: 215-185-5 Etiquetage CE Réglementations allemandes Cl. de pollution d. eaux (RFA) 1 (substances peu polluantes)

16. Autres informations

Motif de modification Remaniement général. Version du: 10.12.97 Remplace l'édition du 03.09.1996 Les indications données ici sont basées sur l'état actuel de nos connaissances. Elles décrivent les dispositions de sécurité à prendre vis à vis du produit concerné. Elles ne représentent pas une garantie sur les propriétés du produit.

ANNEXE 5

Résultats de l'étude acoustiques

Fiche de mesure de bruit

Généralités

Mesure n° 2 : Habitation du lotissement « Les Bougainvillées »

Mesure pour : Limite de propriété ZER

Date : 2 Octobre 2008

Mesure de bruit réalisée par : CR

Type d'appareil : Sonomètre expert de classe 1

Période : Diurne Nocturne En semaine En we Jour férié

Heures ouvrables En dehors des heures ouvrables

Heure de démarrage : 22h14 Heure d'arrêt : 22h44 Durée de mesurage : 30'

Conditions météorologiques

Ciel : Dégagé Nuageux

Vents : Portant Peu portant Travers

Contraire Peu contraire

Vitesse : Faible voir nulle (Aucun mouvement dans les arbres, les fumées des usines s'élevaient verticalement) Vitesse < à 1 m/s,

Moyenne (Les feuilles bougent, les fumées sont déviées de leur trajectoire) Vitesse comprise entre 1 m/s et 3 m/s,

Fort (Les grandes branches des arbres bougent, les drapeaux se déploient, sifflement) Vitesse > à 3 m/s.

Sol : Sec (pas de pluie dans les 10 derniers jours)

Humide (4 à 5 mm de pluie dans les dernières 24 heures)

Autres :

	U1	U2	U3	U4	U5	
T1		--	-	-		-- : atténuation très forte du niveau sonore ;
T2	--	-	-	Z	+	- : atténuation forte du niveau sonore ;
T3	-	-	Z	+	+	Z : effets météorologiques nuls ;
T4	-	Z	+	+	++	+ : renforcement faible du niveau sonore ;
T5		+	+	++		++ : renforcement moyen du niveau sonore.

U1 : vent fort (3 m/s à 5 m/s) contraire au sens source-récepteur ;

U2 : vent moyen à faible (1 m/s à 3 m/s) contraire ou vent fort peu contraire ;

U3 : vent nul ou vent quelconque de travers ;

U4 : vent moyen à faible portant ou vent fort peu portant (~ 45°) ;

U5 : vent fort portant.

T1 : jour et fort ensoleillement et surface sèche et peu de vent ;

T2 : mêmes conditions que T1 mais au moins une est non vérifiée ;

T3 : lever du soleil ou coucher du soleil ou (temps couvert et venteux et surface pas trop humide ;

T4 : nuit et (nuageux ou vent)

T5 : nuit et ciel dégagé et vent faible.

Localisation

Localisation du récepteur : ZER , maison du lotissement Les bougainviliées, au Nord Ouest du site d'implantation de la STEP

Distance entre la source et le récepteur : inférieure à 40 m supérieure à 40 m **x**

Typologie : Habitation individuelle **x** Habitation collective Bureau ERP
 Industrie Terrain nu Commerce Autres

Conditions de mesure :

Bruit intérieur oui non **x**

▪ Bruit extérieur oui **x** non

Description : calme, quelques passage de voiture dans le quartier, bruit de fond « concert au centre culturel du Mont Dore »

▪ Bruits particuliers :

x **Voiture** / camion / bus / camion poubelle

Conversation / cri / parole

x **Musique** / radio / télévision

Climatisation / installation d'arrosage automatique

Oiseaux / chiens

Feux d'artifices / tirs de mine

Industrie

Autres

Calibrage

Calibrage avant mesure : 93,9

Calibrage après mesure : 93,9

Conditions de mesurage

Conventionnel

A l'intérieur des immeubles (source extérieure ou intérieure)

Centre de la pièce – 1 m des parois – 1,5 m des fenêtres – 1,2 à 1,5 m du sol

Fenêtre ouvertes ou fermées suivant conditions d'occurrence – portes fermées

x A l'extérieur (source extérieure)

A l'intérieur des limites de la propriété exposée aux bruits – Si nécessaire mesurages complémentaires peuvent être effectués en limite de propriété des installations comportant les sources de bruits

en limite de propriété (1,2 à 1,5 m au dessus du sol – 1 m de toute surface réfléchissante)

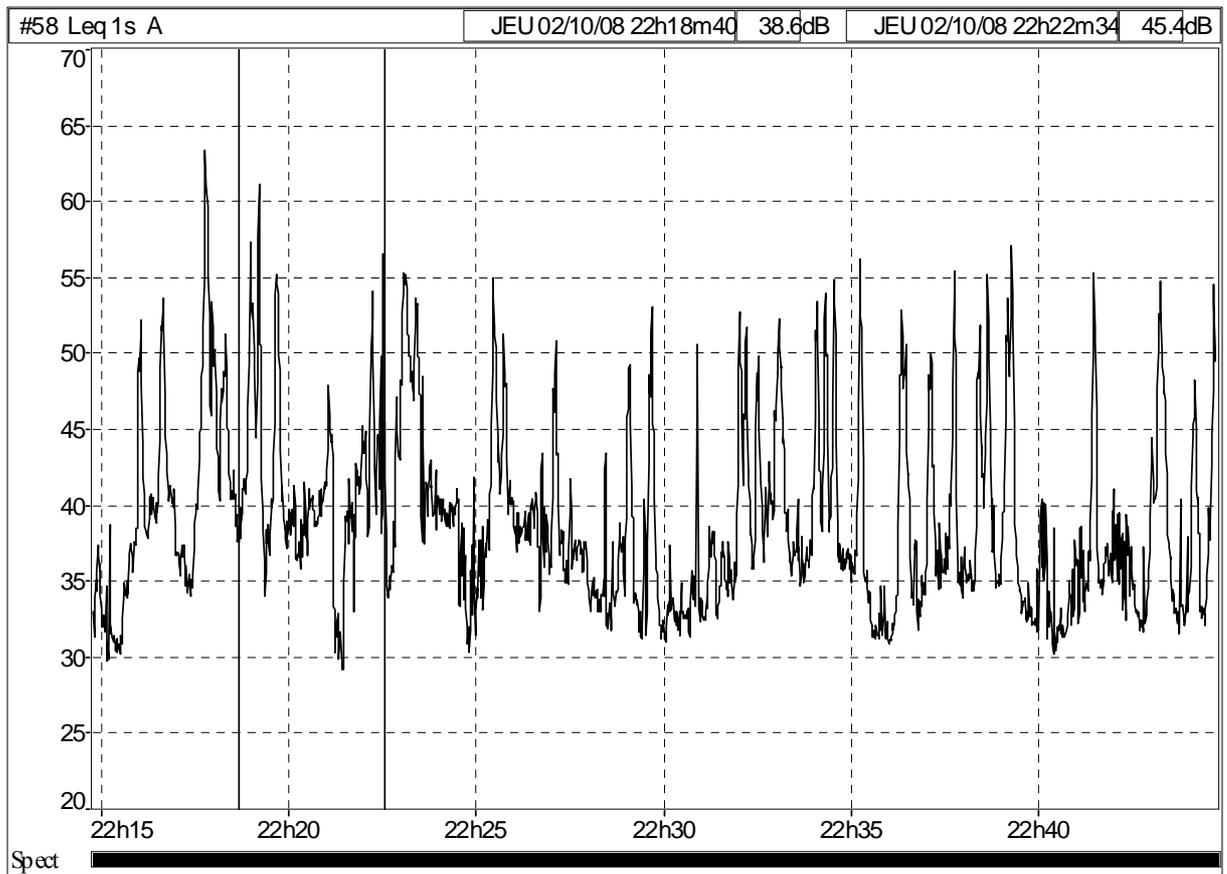
x en façade de maison (2 m en avant des façades ou toiture – 1,2 à 1,5 m au-dessus du niveau)

Spécifique

1,2 à 1,5 m au-dessus du sol – 1 m de toute surface réfléchissante

Données brutes de l'enregistrement

Fichier	dBTrait4							
Début	02/10/08 22:14:46							
Fin	02/10/08 22:44:46							
Voie	Type	Pond.	Unité	Leq	Lmin	Lmax	L90	L50
#58	Leq	A	dB	44,8	29,1	63,3	32,3	37,6



Fiche de mesure de bruit

Généralités

Mesure n° 1 : *Devant la salle omnisport*

Mesure pour : Limite de propriété ZER

Date : 2 Octobre 2008

Mesure de bruit réalisée par : CR

Type d'appareil : Sonomètre expert de classe 1

Période : Diurne Nocturne En semaine En we Jour férié

Heures ouvrables En dehors des heures ouvrables

Heure de démarrage : 9h18 Heure d'arrêt : 9h48 Durée de mesurage : 30'

Conditions météorologiques

Ciel : Dégagé Nuageux

Vents : Portant Peu portant Travers

Contraire Peu contraire

Vitesse : Faible voir nulle (Aucun mouvement dans les arbres, les fumées des usines s'élèvent verticalement) Vitesse < à 1 m/s,
 Moyenne (Les feuilles bougent, les fumées sont déviées de leur trajectoire) Vitesse comprise entre 1 m/s et 3 m/s,

Fort (Les grandes branches des arbres bougent, les drapeaux se déploient, sifflement) Vitesse > à 3 m/s.

Sol : Sec (pas de pluie dans les 10 derniers jours)

Humide (4 à 5 mm de pluie dans les dernières 24 heures)

Autres :

	U1	U2	U3	U4	U5
T1		--	-	-	
T2	--	-	-	Z	+
T3	-	-	Z	+	+
T4	-	Z	+	+	++
T5		+	+	++	

-- : atténuation très forte du niveau sonore ;

- : atténuation forte du niveau sonore ;

Z : effets météorologiques nuls ;

+ : renforcement faible du niveau sonore ;

++ : renforcement moyen du niveau sonore.

U1 : vent fort (3 m/s à 5 m/s) contraire au sens source-récepteur ;

U2 : vent moyen à faible (1 m/s à 3 m/s) contraire ou vent fort peu contraire ;

U3 : vent nul ou vent quelconque de travers ;

U4 : vent moyen à faible portant ou vent fort peu portant (~ 45°) ;

U5 : vent fort portant.

T1 : jour et fort ensoleillement et surface sèche et peu de vent ;

T2 : mêmes conditions que T1 mais au moins une est non vérifiée ;

T3 : lever du soleil ou coucher du soleil ou (temps couvert et venteux et surface pas trop humide ;

T4 : nuit et (nuageux ou vent)

T5 : nuit et ciel dégagé et vent faible.

Localisation

Localisation du récepteur : BR1 limite de propriété Ouest à proximité de la salle omnisport

Distance entre la source et le récepteur : inférieure à 40 m supérieure à 40 m **X**

Typologie : Habitation individuelle Habitation collective Bureau ERP
 Industrie Terrain nu Commerce Autres **X**

Conditions de mesure :

_Bruit intérieur oui non **X**

▪ Bruit extérieur oui **X** non

Description : Bruit des activités d'entretien du complexe sportif (débroussailleuse, tondeuse), bruit de la circulation sur la route du Sud et bruit généré par le chantier EEC.

▪ Bruits particuliers :

X **Voiture** / camion / bus / camion poubelle

Conversation / cri / parole

Musique / radio / télévision

Climatisation / installation d'arrosage automatique

Oiseaux / chiens

Feux d'artifices / tirs de mine

Industrie

X Autres

Calibrage

Calibrage avant mesure : 93,9

Calibrage après mesure : 93,9

Conditions de mesurage

Conventionnel

A l'intérieur des immeubles (source extérieure ou intérieure)

Centre de la pièce – 1 m des parois – 1,5 m des fenêtres – 1,2 à 1,5 m du sol
 Fenêtre ouvertes ou fermées suivant conditions d'occurrence – portes fermées

X A l'extérieur (source extérieure)

A l'intérieur des limites de la propriété exposée aux bruits – Si nécessaire mesurages complémentaires peuvent être effectués en limite de propriété des installations comportant les sources de bruits

X en limite de propriété (1,2 à 1,5 m au dessus du sol – 1 m de toute surface réfléchissante)

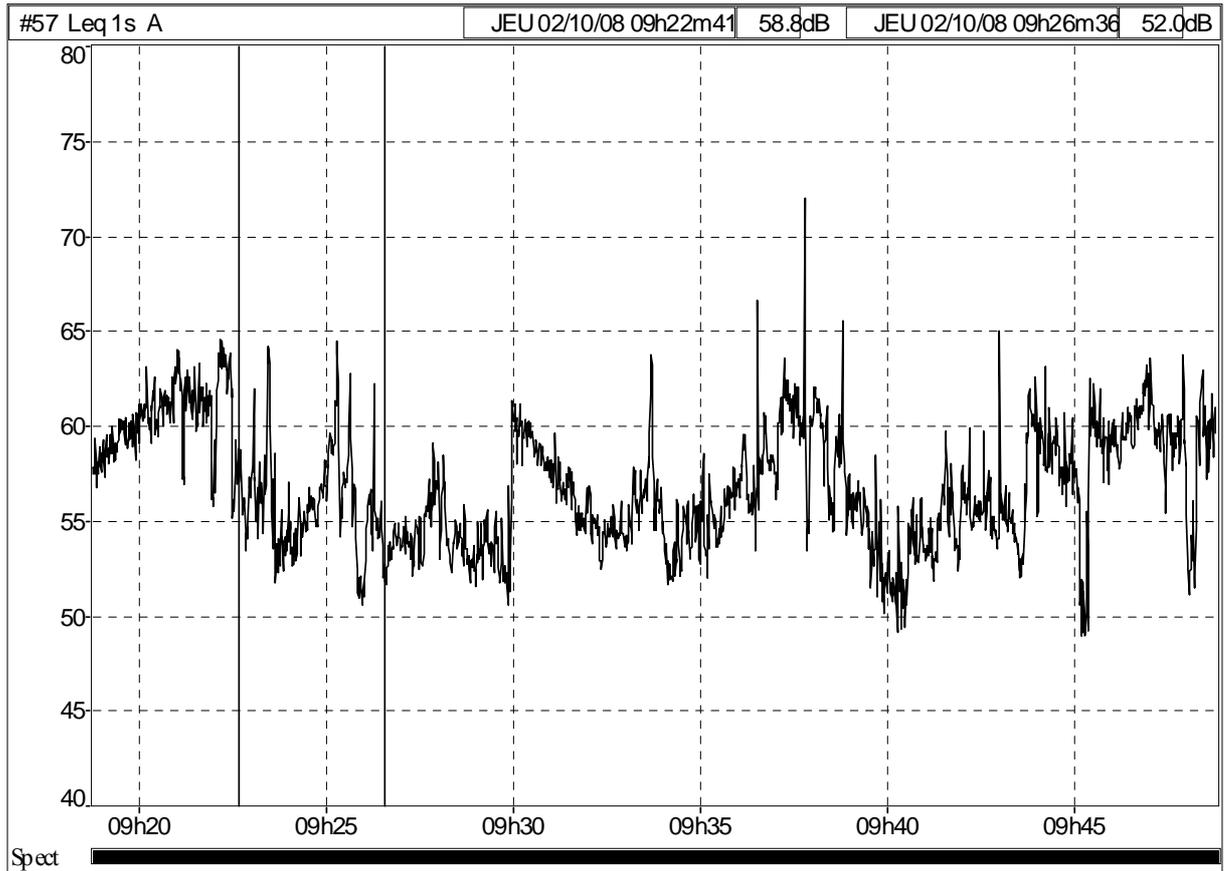
en façade d'immeuble (2 m en avant des façades ou toiture – 1,2 à 1,5 m au-dessus du niveau)

Spécifique

1,2 à 1,5 m au-dessus du sol – 1 m de toute surface réfléchissante

Données brutes de l'enregistrement

Fichier	dBTrait3							
Début	02/10/08 09:18:47							
Fin	02/10/08 09:48:49							
Voie	Type	Pond.	Unité	Leq	Lmin	Lmax	L90	L50
#57	Leq	A	dB	58,0	48,9	72,0	52,8	56,3



Fiche de mesure de bruit

Généralités

Mesure n° 3 : Piste d'éducation routière

Mesure pour : Limite de propriété ZER

Date : 3 Octobre 2008

Mesure de bruit réalisée par : CR

Type d'appareil : Sonomètre expert de classe 1

Période : Diurne Nocturne En semaine En we Jour férié

Heures ouvrables En dehors des heures ouvrables

Heure de démarrage : 7h46 Heure d'arrêt : 8h16 Durée de mesurage : 30'

Conditions météorologiques

Ciel : Dégagé Nuageux

Vents : Portant Peu portant Travers
 Contraire Peu contraire

Vitesse : Faible voir nulle (Aucun mouvement dans les arbres, les fumées des usines s'élevaient verticalement) Vitesse < à 1 m/s,
 Moyenne (Les feuilles bougent, les fumées sont déviées de leur trajectoire) Vitesse comprise entre 1 m/s et 3 m/s,
 Fort (Les grandes branches des arbres bougent, les drapeaux se déploient, sifflement) Vitesse > à 3 m/s.

Sol : Sec (pas de pluie dans les 10 derniers jours)
 Humide (4 à 5 mm de pluie dans les dernières 24 heures)

Autres :

	U1	U2	U3	U4	U5	
T1		--	-	-		-- : atténuation très forte du niveau sonore ;
T2	--	-	-	Z	+	- : atténuation forte du niveau sonore ;
T3	-	-	Z	+	+	Z : effets météorologiques nuls ;
T4	-	Z	+	+	++	+ : renforcement faible du niveau sonore ;
T5		+	+	++		++ : renforcement moyen du niveau sonore.

U1 : vent fort (3 m/s à 5 m/s) contraire au sens source-récepteur ;

U2 : vent moyen à faible (1 m/s à 3 m/s) contraire ou vent fort peu contraire ;

U3 : vent nul ou vent quelconque de travers ;

U4 : vent moyen à faible portant ou vent fort peu portant (~ 45°) ;

U5 : vent fort portant.

T1 : jour et fort ensoleillement et surface sèche et peu de vent ;

T2 : mêmes conditions que T1 mais au moins une est non vérifiée ;

T3 : lever du soleil ou coucher du soleil ou (temps couvert et venteux et surface pas trop humide ;

T4 : nuit et (nuageux ou vent)

T5 : nuit et ciel dégagé et vent faible.

Localisation

Localisation du récepteur : ZER, piste d'éducation routière, au Nord-ouest du site d'implantation de la STEP

Distance entre la source et le récepteur : inférieure à 40 m supérieure à 40 m

Typologie : Habitation individuelle Habitation collective Bureau ERP
 Industrie Terrain nu Commerce Autres

Conditions de mesure :

- Bruit intérieur oui non
- Bruit extérieur oui non

Description : ambiance sonore plutôt calme, quelques passages de voiture sur la route du Sud, quelques bruits du chantier EEC

- Bruits particuliers :
 - x **Voiture** / camion / bus / camion poubelle
 - Conversation / cri / parole
 - Musique / radio / télévision
 - Climatisation / installation d'arrosage automatique
 - x **Oiseaux** / chiens
 - Feux d'artifices / tirs de mine
 - Industrie
 - Autres

Calibrage

Calibrage avant mesure : 93,9

Calibrage après mesure : 93,9

Conditions de mesurage

x Conventiennel

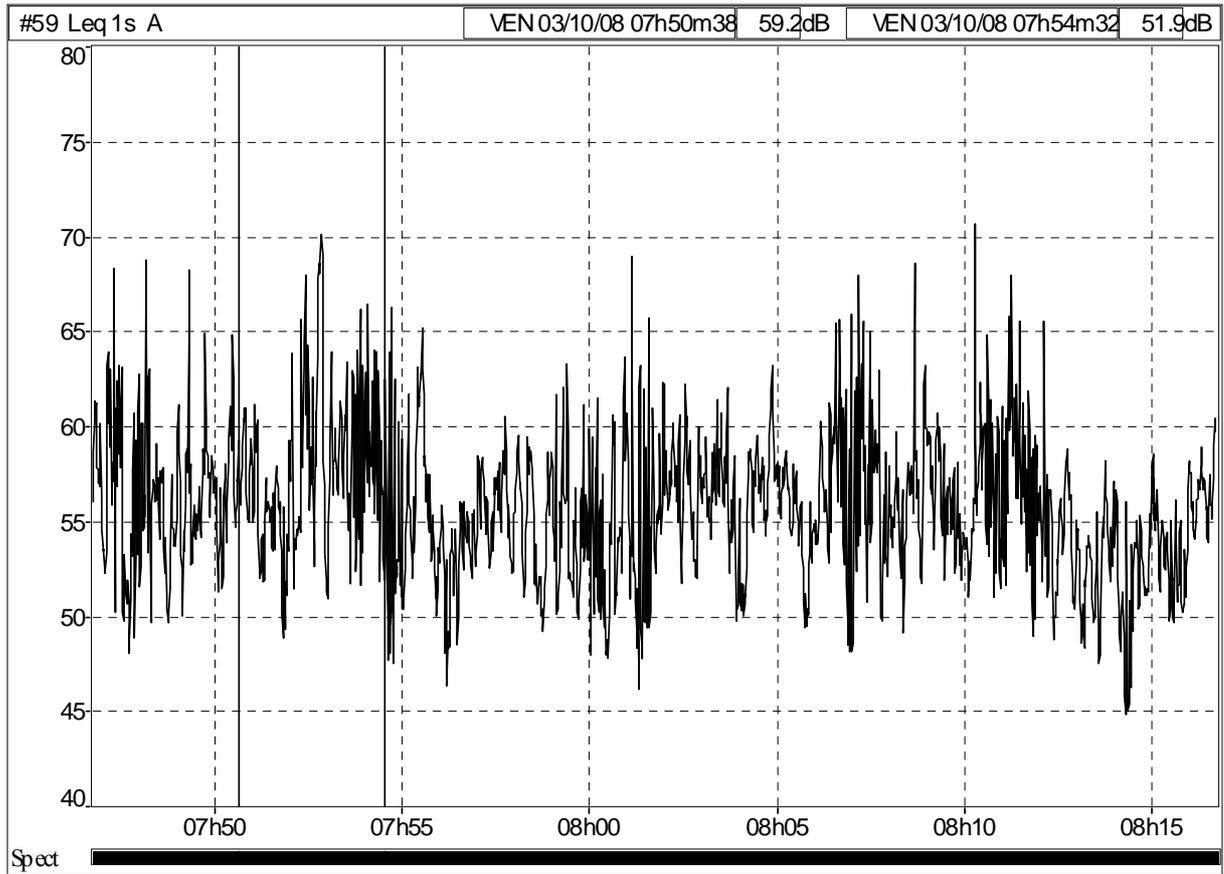
- A l'intérieur des immeubles (source extérieure ou intérieure)
 - Centre de la pièce – 1 m des parois – 1,5 m des fenêtres – 1,2 à 1,5 m du sol
 - Fenêtre ouvertes ou fermées suivant conditions d'occurrence – portes fermées
- x A l'extérieur (source extérieure)
 - A l'intérieur des limites de la propriété exposée aux bruits – Si nécessaire mesurages complémentaires peuvent être effectués en limite de propriété des installations comportant les sources de bruits
 - x en limite de propriété (1,2 à 1,5 m au dessus du sol – 1 m de toute surface réfléchissante)
 - en façade de maison (2 m en avant des façades ou toiture – 1,2 à 1,5 m au-dessus du niveau)

Spécifique

1,2 à 1,5 m au-dessus du sol – 1 m de toute surface réfléchissante

Données brutes de l'enregistrement

Fichier	dBTrait5							
Début	03/10/08 07:46:44							
Fin	03/10/08 08:16:45							
Voie	Type	Pond.	Unité	Leq	Lmin	Lmax	L90	L50
#59	Leq	A	dB	57,7	44,8	70,6	50,9	55,5



ANNEXE 6

Notes d'expertise concernant l'impact des effluents de la STEP sur la mangrove de Boulari

ANNEXE 6 – A

Dr. Cyril Marchand
Chargé de recherche
Institut de Recherche pour le Développement (IRD)
Tel : (687) 26 07 80
cyril.marchand@ird.fr

Fabrice Polizzi
Chef de projet
Calédonienne des eaux

Objet : note d'expertise concernant l'impact de la future station d'épuration sur la mangrove de Boulari.

La Calédonienne des eaux, par l'intermédiaire de M. F. Polizzi, m'a contacté le 8 Juillet 2008 pour me poser la question suivante :

« La future station d'épuration de Boulari aura-t-elle un impact sur le milieu receveur des eaux traitées, i.e. la mangrove ? »

Les éléments qui m'ont été transmis sont les suivants :

- un plan de masse de la station
- un descriptif de la qualité des eaux traitées : « *L'eau traitée (eau douce) sera conforme aux normes de rejet les plus strictes, à savoir MES < 5 mg/L, DCO < 60 mg/L, DBO5 < 10 mg/L, NGL < 15 mg/L, Pt < 2 mg/L et norme de baignade pour la bactérie < 250 E Coli/100 ml.* »
- le débit en sortie de station : « *Débit moyen journalier 1080 m3/j soit 45 m3/h à sa charge nominale* »

Par la suite, nous nous sommes rendus le 16 juillet 2008 sur le futur site d'implantation de la station, d'une part, afin d'effectuer des repérages de l'emprise de la station sur la mangrove, et d'autre part, afin d'identifier les palétuviers présents. Il semblerait qu'une portion de mangrove devra être remblayée pour la construction de la zone d'épandage des boues.

Nous avons pu observer que deux types de palétuviers étaient présents sur la zone, des *Avicennia marina* (Photo 1), caractérisés par leurs pneumatophores, et des *Rhizophora spp* (Photo 2), caractérisés par leurs racines échasses.

Photo 1 : *Avicennia marina* (NB : sur cette photo, il s'agit d'un arbuste, tandis que sur la zone, nous avons pu observer des arbres de grande taille)

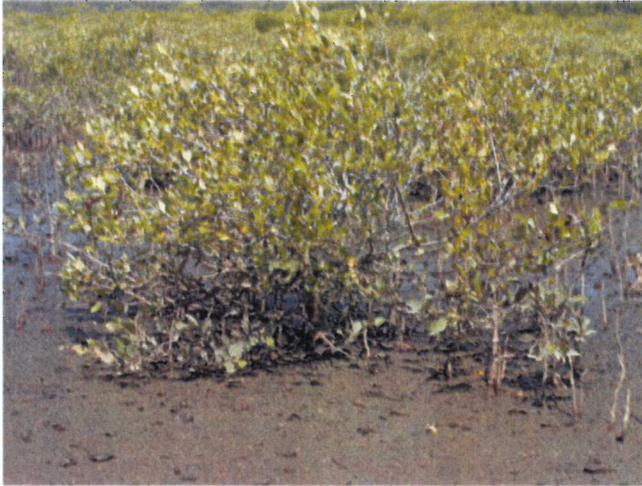


Photo 2 : *Rhizophora* spp.



La mangrove est le lieu de rencontre des eaux marines côtières et des eaux douces ou saumâtres des écoulements terrestres. Le mélange de ces eaux, associé à une forte évapotranspiration du fait de leur positionnement en zone tropicale, induit une large gamme de salinité des eaux interstitielles, depuis des eaux douces le long des rivières jusqu'à des salinités pouvant atteindre 90. Pour pallier les conditions environnementales extrêmes de ce milieu très sélectif, c'est-à-dire les importantes variations de salinité, la dessiccation, l'instabilité du substrat, et la possible anoxie résultant d'une part de l'hydromorphie et d'autre part de la nature argileuse de certains sédiments, les palétuviers ont développé des capacités d'adaptation remarquables, notamment au niveau du système racinaire. Les systèmes racinaires des palétuviers ont diverses fonctions, depuis des fonctions d'ancrage jusqu'à des fonctions de respiration et parfois de filtration. Les racines échasses des Rhizophoracées (cf. photo 2) sont des racines adventives qui peuvent être produites par le tronc mais aussi par des branches et se développent à l'air libre avant de pénétrer dans le sol. Elles assurent à

l'arbre une meilleure assise et sont couvertes de cellules spéciales, les lenticelles, dédiées à la respiration. Ces cellules, connectées à des tissus spongieux, aspirent l'air. Lors des phases de submersion, l'oxygène présent dans ces tissus est pompé par la plante créant une dépression qui sera à l'origine d'une nouvelle aspiration lors de la re-exposition à l'air. Des lenticelles existent sur les racines échasses de Rhizophoracées mais aussi et surtout sur les pneumatophores des Avicenniées (cf. photo 1). Le système racinaire de ces derniers se développe de façon radiale dans la partie superficielle du sédiment. Associé à de fines racines qui s'enfoncent verticalement dans le substrat, il leur assure une certaine stabilité. Les pneumatophores sont des ramifications de l'appareil racinaire à géotropisme négatif qui s'élèvent du système radial et se développent à l'air libre. Pourvus de lenticelles par lesquelles ont lieu les échanges gazeux, ils ont un rôle fondamental sur un substrat asphyxiant. Ces organes sont très sensibles à la dynamique sédimentaire et à l'enneigement, ainsi un taux d'accrétion supérieur au taux de croissance des pneumatophores peut être à l'origine du dépérissement des *Avicennia*, **tout comme une couche d'eau qui viendrait les recouvrir en permanence.**

La mangrove est un écosystème, dans lequel on peut observer une zonation des palétuviers, ce qui signifie qu'une mangrove peut-être composée de plusieurs types de palétuviers, mais que chaque palétuvier possède une zone de développement préférentielle.

La zonation des mangroves est le résultat d'une combinaison de paramètres liés à la nature des eaux les drainant ainsi qu'à la fréquence et la durée d'immersion par ces eaux. Ces paramètres sont notamment l'élévation de la zone, le positionnement par rapport aux apports d'eaux douces continentales et aux apports d'eaux lagunaires, la salinité du substrat, la texture du substrat, etc.

Rhizophora est le genre le mieux adapté à l'immersion et aux sols gorgés d'eau. Ce genre peut résister sans souffrir à l'anoxie. Il prospère avec une salinité voisine de celle de l'eau de mer et ne supportent pas les salinités trop élevées. Ainsi, il se développe principalement dans des zones quotidiennement balayées par les marées, dont les salinités sont rendues homogènes par le brassage des eaux. Ce genre joue volontiers un rôle pionnier sur les nouveaux atterrissements où le milieu est assez calme pour permettre la prise des plantules. Ils peuvent se développer sur de la vase, du sable et même sur d'anciens récifs.

Le genre *Avicennia* est adapté à la situation la plus haute des mangroves. Ce genre est le mieux adapté aux fortes salinités, ce qui lui permet de vivre aux confins des tannes au prix d'une consommation d'énergie qui est incompatible avec une certaine croissance. Les *Avicennia* ne dépassent rarement le stade arbustif en Nouvelle-Calédonie. L'évolution d'une zone à une autre se fait en fonction des variations de pluviométrie sur la zone et des variations d'hydrocirculation. Ainsi, un tanne drainé pourra être recolonisé par les *Avicennia*. Les hydrocirculations de surface et souterraines ont un rôle prépondérant dans le développement et la zonation des mangroves

Dans le présent dossier, le problème n'est bien entendu pas lié à la qualité des eaux rejetées, mais au fait qu'il va s'agir d'eau douce, ainsi qu'au débit rejeté, et à la position de la zone de rejet. Avec les quelques généralités sur les mangroves, que j'ai développées dans les paragraphes précédents, vous comprendrez bien qu'il existe un lien étroit entre la salinité des eaux et les palétuviers. **Un apport conséquent d'eau douce peut être directement préjudiciable à la mangrove s'il implique un ennoisement continu de ses organes de respirations.** Par ailleurs, cet apport entrainera le développement d'espèces parasites, qui n'ont pas les capacités d'adaptation pour se développer sur un substrat salé, mais qui pourront alors se développer du fait de la réduction de la salinité du substrat. Ces espèces, qui ne sont pas des espèces de mangroves, vont petit à petit étouffer

les palétuviers, et les remplacer. **Par conséquent, il y aura également un impact indirect lié à l'apport d'eau douce.**

Le second problème pourrait être lié au débit et à la puissance de l'écoulement. Le substrat dans la zone de rejet semble être relativement argileux. Un débit puissant pourrait entraîner une érosion du sédiment à l'aplomb du rejet, et des zones de sursédimentation plus en aval. **Erosion et sursédimentation sont néfastes aux palétuviers.**

Enfin, le problème le plus sérieux, qui doit être pris en compte de façon impérative, est la **position de la zone de rejet des eaux traitées** (cf. photo 3). Actuellement, il est prévu que le rejet se fasse en A (cf photo 3). **Compte tenu de la configuration de la zone, il est à craindre que l'évacuation par l'exutoire sous la voie express (situé en B), ne se fasse pas correctement.** Nous avons pu observer lors de notre repérage que la zone proche de l'exutoire avait été érodée, et que de l'eau stagnait, empêchant le développement de toute végétation (visible sur l'image). **S'il advenait que l'évacuation se fasse mal, toute la zone interne serait ennoyée, les palétuviers dépériraient, entraînant une forte décomposition de matières organiques dans ces eaux, le développement d'algues, etc.** Une solution pourrait être d'évacuer les eaux dans la mangrove au point B. Cependant, encore une fois l'apport d'eau douce pourrait entraîner le développement d'espèces parasites dans la mangrove, et le puissant débit pourrait entraîner érosion/sursédimentation. **Pour être certain de ne pas impacter la mangrove, il faudrait soit effectuer le rejet au point C, soit le faire en B mais en canalisant l'écoulement jusqu'en sortie de mangrove, par exemple par la création d'un chenal artificiel au sein de la mangrove.**

Photo 3 : image aérienne de Boulari, le plan de masse de la station d'épuration a été surimposée sur l'image. A, B, C représentent les éventuelles zones de rejet des eaux traitées.



En conclusion, d'après les éléments qui m'ont été présentés et le repérage effectué sur le terrain, il est vraisemblable que le rejet des eaux traitées, s'il devait se faire au point A, aurait un impact sur la mangrove. Une canalisation des eaux jusqu'en sortie de mangrove permettrait de limiter l'impact.

Restant à votre disposition pour tout renseignement complémentaire, je vous prie d'agréer, Monsieur, mes respectueuses salutations.

Fait à Nouméa le 25 juillet 2008

Cyril Marchand



ANNEXE 6 - B

Dr. Cyril Marchand
Chargé de recherche
Institut de Recherche pour le Développement (IRD)
Tel : (687) 26 07 80
cyril.marchand@ird.fr

Frédéric Cesa
Chef de projet
Calédonienne des eaux

Objet : seconde note d'expertise concernant l'impact de la future station d'épuration de Boulari sur la mangrove adjacente.

Suite à ma première note d'expertise, datée du 25 juillet 2008, dans laquelle je faisais état d'un impact probable du rejet de la STEP, tel qu'envisagé à l'époque, sur la mangrove, la Calédonienne des eaux m'a contacté de nouveau pour me présenter une solution alternative. La nouvelle option du plan de masse (option 4) possède une emprise nettement moins importante sur la mangrove que l'option précédemment envisagée, les surfaces de remblaiement sont minimales. En ce qui concerne le rejet, l'option qui m'a été présentée est très intéressante. Il s'agit de canaliser l'effluent dans une conduite fermée, disposée dans un fossé existant, jusqu'à un exécutoire situé à proximité de la maison de l'environnement de la commune du Mont-Dore. Les eaux s'évacueront alors dans un fossé naturel longeant la mangrove. La distance parcourue au sein de la mangrove est minimale, et le trajet s'effectue dans une zone quotidiennement balayée par les marées. Dans cette configuration, l'écoulement devrait s'effectuer relativement facilement vers la mer, et il est peu probable que l'eau du rejet s'accumule dans la mangrove. Il faudra simplement veiller à ce que ce canal naturel ne s'envase pas, et par conséquent pratiquer un curage régulier. Tant que l'écoulement se fera dans ce canal, sans débordement dans la mangrove, cette dernière ne sera pas impactée par le rejet. Il faudra également s'assurer que le canal est dimensionné pour le débit maximum prévu. Finalement, lors de la mise en fonctionnement de la STEP, il sera bon de réaliser un suivi de l'écoulement pour vérifier ces hypothèses, et surtout effectuer une comparaison de la façon dont l'écoulement s'effectuera entre marée descendante et marée montante.

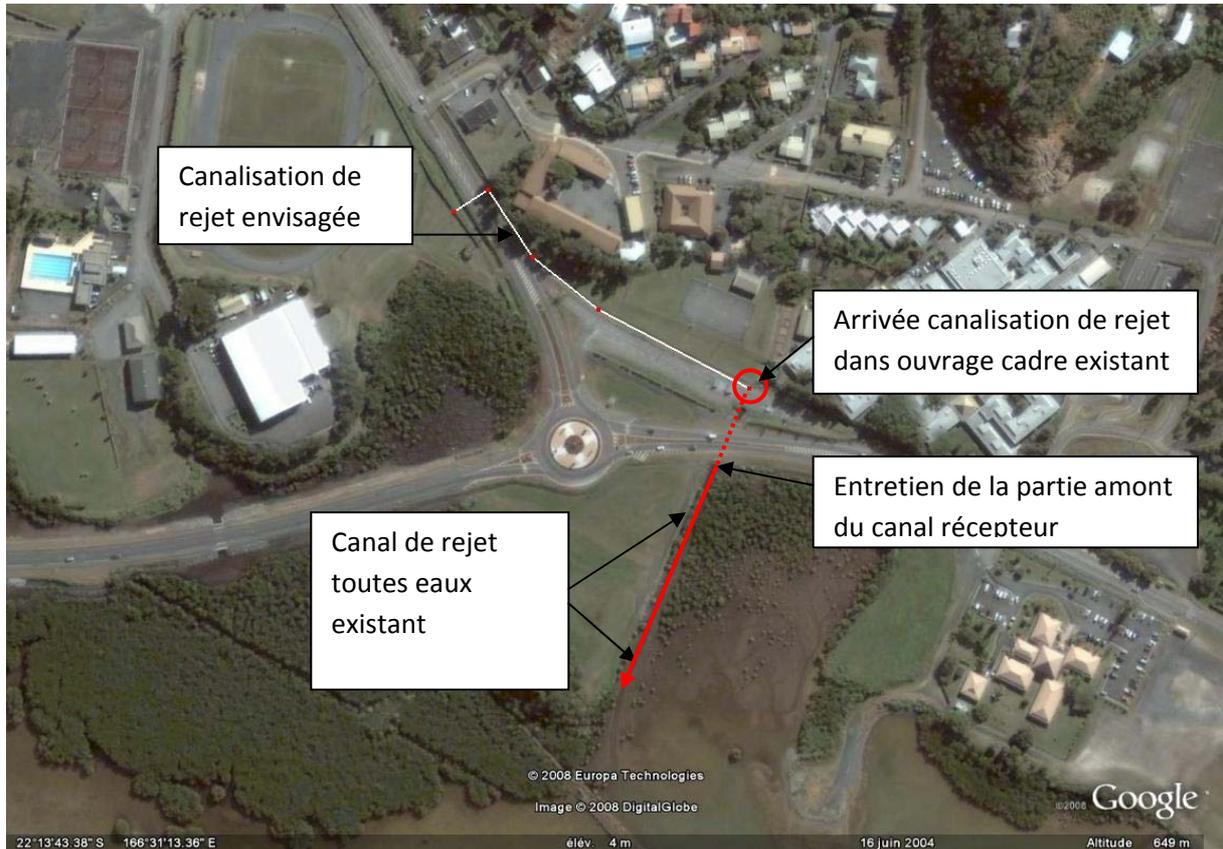
En conclusion, au vu des nouvelles options envisagées par la Calédonienne des eaux, la STEP de Boulari ne devrait pas impacter, en termes de modification de la géochimie du substrat et de structuration de l'écosystème, la mangrove adjacente.

Restant à votre disposition pour tout renseignement complémentaire, je vous prie d'agréer, Monsieur, mes respectueuses salutations.

Fait à Nouméa le 13 octobre 2008

Cyril Marchand





ANNEXE 7

Extrait du guide IRD Phragmites

FEUILLES LARGES OU PLANTE DE GRANDE TAILLE.

ARUNDODONAX
Canne de Provence

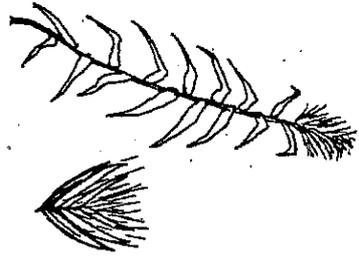
Vivace dressée de 4-5 m de haut.

Feuilles régulièrement disposées de chaque côté de la tige, vert bleuté (il existe une variété ornementale à feuilles striées de jaune).

Grande panicule terminale plumbeuse, blanchâtre d'abord étalée puis plus contractée.

Epillets portant 2 glumes presque égales, presque aussi longues que l'épillet. Lemma pileuse.

Sols bien drainés, humides. Commune. Naturalisée. Origine : Région Méditerranéenne.



GUIDE D'IDENTIFICATION
DES PRINCIPALES GRAMINÉES
DE NOUVELLE CALEDONIE
par B. TOUTAIN (1989)
Fascicule N°35
Etudes et synthèses de l'I. E. M. V. T.

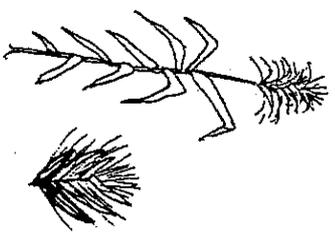
PHRAGMITES AUSTRALIS
Roscau

Vivace par rhizome, 4-5 de haut.

Ressemble à la précédente. Feuilles longues, vertes. La ligule est une ligne de poils.

Grande panicule terminale plumbeuse, jaunâtre. Epillets portant 2 glumes inégales, plus courtes que l'épillet. Lemma glabre.

Lieux marécageux. Peu commune. Native. Cosmopolite.

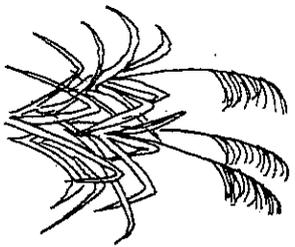


MISCANTHUS FLORIDULUS

Vivace, touffes robustes, 1,5 à 2,5 m de haut.

Inflorescence composée de nombreux longs racèmes souples, soyeux, blancs, orientés par le vent.

Assez commune, en particulier sur les pentes de la Chaîne centrale. Native. Répartition : Océan Pacifique.



ANNEXE 8

**Listes des plantes introduites considérées
comme envahissantes dans l'archipel néo-
calédonien et des plantes aquatiques, déjà
présentes, à éradiquer ou à contrôler**

Titre 3 : Liste des 67 plantes introduites considérées comme envahissantes dans l'archipel néo-calédonien (« Extrait de l'expertise collégiale publiée par l'IRD en 2006 : Les espèces envahissantes dans l'archipel néo-calédonien. Un risque environnemental et économique majeur » – 2006 et de MacKee – 1994)

Nom scientifique (synonymes)	Famille	Commentaires et remarques (d'après MacKee, 1994)
<i>Acacia concinna</i> (Willd.) DC.	Leguminosae Mimosoideae	devenu localement un fléau
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd	Leguminosae Mimosoideae	devient très abondant, toujours commun
<i>Acacia nilotica</i> (L.) Willd. ex Del. ssp. <i>indica</i>	Leguminosae Mimosoideae	abondamment naturalisé dans un secteur côtier
<i>Acanthocereus pentagonus</i> (L.) Britt. & Rose	Cactaceae	espèce plus envahissante, constituée à Boulouparis des fourrés étendus et impénétrables
<i>Albizia moluccana</i> Miq. (syn. <i>Paraserianthes falcataria</i> (L.) Nielsen)	Leguminosae mimosoideae	devenant parfois envahissant
<i>Argemone mexicana</i> L var. <i>mexicana</i>	Papaveraceae	mauvaise herbe largement répandue et parfois abondante
<i>Aristolochia elegans</i> Masters	Aristolochiaceae	largement naturalisée, localement abondante des ravins boisés sur calcaires dans le nord-ouest
<i>Arundo donax</i> L.	Gramineae	parfois planté pour stabiliser les talus, largement répandu
<i>Brachiaria mutica</i> (Forssk.) Stapf	Gramineae	maintenant largement dispersé et souvent abondant
<i>Brachiaria paspaloides</i> (Presl) Hubb.	Gramineae	largement répandu
<i>Brachiaria reptans</i> (L.) Gardn. & Hubb.	Gramineae	largement répandu, commun aussi comme mauvaise herbe des jardins, cultures et terrains vagues
<i>Bryophyllum pinnatum</i> (Lam.) Kurz (syn. <i>Kalanchoe pinnata</i> Pers.)	Crassulaceae	parfois abondamment naturalisé
<i>Caesalpinia decapetala</i> (Roth) Alst.	Leguminosae Caesalpinioideae	forme localement des fourrés denses impénétrables, en forêt-galeries dégradées
<i>Canna coccinea</i> Mill.	Cannaceae	existe parfois en peuplements denses spontanés, notamment en bords de route sur la côte Est
<i>Cassia tora</i> L.	Leguminosae Caesalpinioideae	largement répandu en lieux incultes, devient très envahissant dans les pâturages
<i>Cenchrus echinatus</i> L.	Gramineae	mauvaise herbe très commune en jardins, terrains vagues et endroits sablonneux
<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.	Compositae	infestant rapidement des superficies importantes
<i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore	Compositae	s'est dispersé très rapidement, limité à des stations fraîches et humides
<i>Cryptostegia grandiflora</i> R. Br.	Asclepiadaceae	infeste des étendues importantes des pâturages dans la partie Nord de la côte ouest, surtout dans la région de Voh; envahissant dans les pâturages, introduit à Koné
<i>Cyperus alternifolius</i> L.	Cyperaceae	occupe parfois des superficies importantes en terrain humide
<i>Datura suaveolens</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Solanaceae	localement abondant en stations fraîches et humides
<i>Dovyalis caffra</i> (Hook. f. & Harv.) Hook.f.	Flacourtiaceae	parfois envahissant
<i>Doxantha unguis-cati</i> (L.) Miers (syn. <i>Macfadenya unguiscati</i> (L.) A. Gentry)	Bignoniaceae	très envahissant à Yahoué
<i>Eichhornia crassipes</i> (Roem. & Schult.) Solms.	Pontederiaceae	existe en masses serrées dans des rivières à courant faible ou des mares
<i>Flemingia strobilifera</i> (L.) R. Br.	Leguminosae Papilionatae	assez répandu en peuplement denses isolés en terrains défrichés
<i>Fucraea foetida</i> (L.) Haw.	Amaryllidaceae	largement répandu à l'état spontané et souvent très envahissant
<i>Gleditsia australis</i> Hemsl.	Leguminosae Caesalpinioideae	localement envahissant
<i>Haematoxylum campechianum</i> L.	Leguminosae Caesalpinioideae	devenu envahissant mais reste très localisé

<i>Heteropogon contortus</i> (L.) P. Beauv. ex Roem. & Shult.	Gramineae	non cité (indigène ?)
<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Pal.	Gramineae	non cité (indigène ?)
<i>Ipomoea cairica</i> (L.) Sweet	Convolvulaceae	largement dispersé et parfois abondante en fourrés secondaires et lisières de forêt
<i>Jatropha gossipifolia</i> L.	Euphorbiaceae	infeste en peuplements denses des pâturages
<i>Kyllinga elata</i> Steud. (syn. <i>K. polyphylla</i> Willd. ex. Kunth)	Cyperaceae	largement répandue, envahissant dans les pâturages
<i>Lantana camara</i> L.	Verbenaceae	un fléau sur tous les terrains non-ultrabasiques, envahissant cultures et pâturages
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Leguminosae Mimosoideae	couvre en fourrés denses monospécifiques des superficies importantes
<i>Manihot glaziovii</i> Muell.-Arg.	Euphorbiaceae	envahissant en forêt secondaire
<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	Gramineae	maintenant abondant sur schistes, peuplement denses monospécifiques de grandes étendues de terrain
<i>Merremia peltata</i> (L.) Merr.	Convolvulaceae	trouvé en peuplements dispersés tout le long de la côte Est, généralement abondant là où il existe
<i>Merremia tuberosa</i> (L.) Rendle.	Convolvulaceae	liane cultivée très envahissante
<i>Miconia calvescens</i> DC	Melastomataceae	devient localement envahissant
<i>Mimosa invisa</i> Mart. ex Colla	Leguminosae Mimosoideae	s'est montrée envahissante formant des fourrés difficilement pénétrables
<i>Ocimum gratissimum</i> L.	Labiatae	très envahissant faisant localement des fourrés denses monospécifiques
<i>Opuntia</i> spp.	Cactaceae	infestent souvent les bosquets et fourrés littoraux
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Compositae	espèce largement répandue et parfois envahissante
<i>Paspalum urvillei</i> Steud.	Gramineae	largement répandu, en bords de pistes forestières même en terrain serpenteux où il atteint 1000 m
<i>Passiflora suberosa</i> L.	Passifloraceae	très répandu et parfois abondant dans la végétation secondaire
<i>Pennisetum setaceum</i> (Forssk.) Chiov.	Gramineae	spontané et envahissant
<i>Phaesolus atropurpureus</i> DC	Leguminosae Papilionatae	largement répandu et localement abondant dans des lieux incultes
<i>Phyllostachys flexuosa</i> Rivière & Rivière	Gramineae	localement envahissant
<i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barrett & Nielsen	Pinaceae	se ressèment, parfois copieusement, à l'intérieur et à proximité des plantations mais ne semblent pas jusqu'à présent se répandre ailleurs
<i>Pluchea indica</i> (L.) Less	Compositae	localement abondante au niveau de Koumac
<i>Pluchea odorata</i> (L.) Cass.	Compositae	parfois abondante mais reste localisé
<i>Polygala paniculata</i> L.	Polygalaceae	très répandue et localement abondante parfois en forêt peu dégradée sur substrat ultrabasique
<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	un fléau dans les pâturages
<i>Rubus rosaefolius</i> Sm.	Rosaceae	très commun près des pistes forestières sur schistes
<i>Sacciolepis indica</i> (L.) A. Chase	Gramineae	maintenant répandu, bien intégré à la végétation naturelle en lieux humides, lisières de forêt et même à l'intérieur de forêts peu dégradées
<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	Salviniaceae	abondante, couvre d'une couche dense, compacte et contenue des retenues d'eau artificielles
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Anacardiaceae	localement abondant dans la végétation secondaire
<i>Sechium edule</i> (Jacq.) Sw.	Cucurbitaceae	introduit de La Réunion, envahissant
<i>Solanum mauritanum</i> Scop.	Solanaceae	localement abondant, notamment sur pistes forestières abandonnées
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex HBK.	Bignoniaceae	en peuplements denses isolés le long de la côte Ouest
<i>Themeda quadrivalvis</i> (L.) Kuntze	Gramineae	considéré comme indigène, parfois très envahissant en pâturages
<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray.	Compositae	peu cultivé mais paraît sporadiquement en peuplements importants de durée limitée
<i>Turnera ulmifolia</i> L.	Turneraceae	envahissant

<i>Typha domingensis</i> Pers.	Typhaceae	très répandu et localement abondant, dominant des étendues importantes de terrain inondables
<i>Wedelia trilobata</i> (L.) A. Hitchc. (syn. <i>Sphagneticola trilobata</i>)	Compositae	envahissant
<i>Zebrina pendula</i> Schnizl. (syn. <i>Tradescantia zebrina</i> Bosse)	Commelinaceae	assez répandu à l'état spontané, parfois abondant en lieux frais et humides

Tableau 6 – Sept plantes aquatiques, déjà présentes, à éradiquer ou à contrôler*

	Régions envahies, hors Nouvelle-Calédonie	Impact sur l'environnement	Tentatives d'éradication et/ou contrôle	Liste UICN
<i>Eichhornia crassipes</i>	Afrique du Sud, de l'Est, de l'Ouest, Hawaii, Fiji, Nouvelle-Zélande, Australie, Chine, Vietnam, Philippines...	Prolifération abondante et rapide	Lutte chimique peu efficace, début de contrôle par lutte biologique	X
<i>Salvinia auriculata</i>	Originaires d'Amérique du Sud, zones tropicales, subtropicales, tempérées chaudes	Espèce à croissance rapide, forme des tapis de végétation dense qui réduisent la lumière et la teneur en oxygène de l'eau, affectant la vie végétale et animale des milieux envahis	Contrôle chimique possible. Lutte biologique plus efficace	
<i>Pistia stratiotes</i>	Pacifique Nord et Sud, Hawaii et Guam autres îles (lagunes, lacs, étangs, canaux de drainage)	Peut former des tapis très denses. Conséquences possibles : blocage des systèmes d'irrigation, habitats favorables aux moustiques, dégâts dans les piscicultures	Lutte biologique	
<i>Hydrilla verticillata</i>	Fiji, Guam, Hawaii, Polynésie française, Australie	Elle peut former de véritables tapis dans les canaux et les mares au niveau de la mer (Fiji)	Moyens mécaniques : succès limité. Herbicides : efficace mais incompatible avec la protection des milieux riches en espèces endémiques	
<i>Lemna aequinoctialis</i>	Toutes les régions tropicales et subtropicales	Abondante dans les lacs d'eau douce, les étangs, les canaux et la partie lente des rivières		
<i>Ludwigia octovalvis</i>	Toutes les îles du Pacifique	S'adapte aux sols humides et peut se trouver en altitude (jusqu'à 2 000 mètres en Nouvelle Guinée)		
<i>Ipomoea aquatica</i>	Cultivée pour ses feuilles : Fiji, Micronésie, îles Salomon, invasive à Guam, en Polynésie française	Peut se répandre dans les rivières et les champs	Essais aux herbicides (inacceptables dans les zones à haute valeur écologique). Pas de contrôle biologique à ce jour	

* Pour plus d'informations, se reporter à la contribution de J.-Cl. Lefeuvre

ANNEXE 9

**Extrait de l'expertise collégiale publiée par l'IRD
en 2006 intitulée « Les espèces envahissantes
dans l'archipel néo-calédonien », page 67 à 74**

Comparaison avec les plantes envahissantes dans les autres îles, archipels et régions tropicales et subtropicales (océans Pacifique et Indien)

Le tableau suivant dresse une liste de 300 plantes envahissantes et de mauvaises herbes considérées comme d'importance majeure dans les îles, archipels et régions tropicales et subtropicales du monde, dont la Nouvelle-Calédonie. Cette liste a été établie à partir de la bibliographie (Annexes 1 à 7) et indique également les types d'habitats envahis par une majorité d'entre elles.

Tableau 7 : Liste, type biologique et habitat des 300 plantes envahissantes et mauvaises herbes majeures dans les îles tropicales de l'océan Pacifique (16 pays du Pacifique Sud et Hawaii) et de l'océan Indien (Seychelles, Maurice, la Réunion, Mayotte), ainsi que dans les régions tropicales et subtropicales d'Australie, de Nouvelle-Zélande et d'Afrique du Sud

Types biologiques : herbacée aquatique ; herbacée (< 1 m) ; herbacée dressée (> 1 m) ;
arbuste (< 5 m) ; petit arbre (5 - 20 m) ; arbre (> 20 m) ; palmier ;
succulente ; fougère arborescente ; liane ; bambou.

Habitats terrestres : Bas < 500 m (zones littorales et basses altitudes) ;
Moy. (moyennes altitudes) = 500 – 1 500 m ;
Haut > 1 500 m (incluant les zones subalpines) ;

Eaux douces : rivières, lacs, marécages, marais d'altitude

Zone bio-climatique : Xéro (xérophile) < 1 200 mm / an ;
Méso (mésophile) = 1 200 – 2 500 mm / an ;
Hygro (hygrophile, incluant les zones ombrophiles) > 2 500 mm / an.

* Espèce faisant partie des « 100 of the World's Worst Alien Invasive Species » (IUCN/ISSG)

** Espèce faisant partie des « The World's Worst Weeds » (Holm et al., 1977)

En gras : espèces considérées envahissantes dans l'archipel néo-calédonien

Nom scientifique (principaux synonymes)	Famille	Type biologique	Habitats
<i>Acacia confusa</i> Merr.	Leguminosae	Arbre	Bas-Moy/ Xéro-Méso
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	Leguminosae	Arbuste	Bas/Xéro
<i>Acacia mearnsii</i> De Wild.*	Leguminosae	Arbre	Bas-Moy-Haut/Xéro-Méso
<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.	Leguminosae	Arbre	Bas-Moy/Xéro-Méso
<i>Acacia nilotica</i> (L.) Willd. ex Del.	Leguminosae	Petit arbre	
<i>Adenantha pavonina</i> L.	Leguminosae	Arbre	Bas/Xéro
<i>Agave sisalana</i> Perrine	Agavaceae	Succulente	Bas/Xéro
<i>Ageratina adenophora</i> (Spreng.) R. King & H. Robinson (syn. <i>Eupatorium adenophorum</i>)	Compositae	Herbacée	Moy-Haut/ Xéro-Méso-Hygro
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Compositae	Herbacée	Bas-Moy-Haut/Xéro-Méso-Hygro
<i>Ailanthus altissima</i> (Miller) Swingle	Simaroubaceae	Arbre	
<i>Albizzia chinensis</i> (Osbeck) Merr.	Leguminosae	Arbre	Bas/Méso
<i>Albizzia lebeck</i> (L.) Beck.	Leguminosae	Arbre	Bas/Xéro
<i>Alstonia macrophylla</i> Wall. ex G. Donn.	Apocynaceae	Arbre	Bas/Xéro-Méso
<i>Alternanthera philoxeroides</i> (C. Martius) Griseb.	Amaranthaceae	Herbacée aquatique	Eaux douces
<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Amaranthaceae	Herbacée	Bas/ -
<i>Andropogon virginicus</i> L.	Gramineae	Herbacée	Bas-Moy/Xéro-Méso
<i>Annona glabra</i> L.	Annonaceae	Petit arbre	
<i>Anredera cordifolia</i> (Ten.) Steenis	Basellaceae	Liane	
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	Gramineae	Herbacée	Moy-Haut/ Hygro
<i>Antidesma buniis</i> (L.) Spreng.	Euphorbiaceae	Arbre	Bas-Moy/Méso
<i>Antigonon leptopus</i> Hook & Arn.	Polygonaceae	Liane	Bas-Moy/Xéro-Méso
<i>Ardisia crenata</i> (syn. <i>A. crispa</i>) Sims	Myrsinaceae	Arbuste	Bas-Moy/Méso

Espèces envahissantes dans l'archipel néo-calédonien

Question 1 – J.Y. MEYER, L. LOOPE, A. SHEPPARD, J. MUNZINGER, T. JAFFRÉ

© IRD, 2006

<i>Ardisia elliptica</i> (syn. <i>A. humilis</i>) Thunb.*	Myrsinaceae	Petit arbre	Bas/Méso-Hygro
<i>Aristolochia elegans</i> Mast.	Aristolochiaceae	Liane	
<i>Arthrostemum ciliatum</i> Pav. ex D. Don.	Melastomataceae	Herbaceae	
<i>Arundo donax</i> (L.) Med.*	Gramineae	Herbacée	Bas/Méso
<i>Asclepias curassavica</i> L.	Asclepiadaceae	Herbacée	Bas/Méso
<i>Asclepias physocarpa</i> (E. Meyer) Schltr. (syn. <i>Gomphocarpus physocarpus</i>)	Asclepiadaceae	Herbacée	Bas/Méso
<i>Asparagus asparagoides</i> (L.) W. Wright	Asparagaceae	Liane	
<i>Asystasia gangetica</i> (L.) T. Anderson	Acanthaceae	Herbacée	Bas/-
<i>Bambusa</i> spp.	Gramineae	Bambou	
<i>Begonia cucullata</i> Willd. var. <i>spatulata</i> (Lodd.) Golding	Begoniaceae	Herbacée	Haut/Hygro
<i>Bidens pilosa</i> L.	Compositae	Herbacée	Bas-Moy/Xéro-Méso
<i>Bocconia frutescens</i> L.	Papaveraceae	Arbuste	Moy/ Xéro-Méso
<i>Boehmeria macrophylla</i> Hornem.	Urticaceae	Arbuste	Moy/Hygro
<i>Boehmeria penduliflora</i> Wedd. ex D.G. Long	Urticaceae	Arbuste	Moy/Hygro
<i>Brachiaria mutica</i> (Forssk.) Stapf.	Gramineae	Herbacée	Bas-Moy/ -
<i>Buddleia asiatica</i> Lour.	Buddleiaceae	Arbuste	Haut/Hygro
<i>Buddleia madagascariensis</i> Lam	Buddleiaceae	Arbuste	Moy/ Méso
<i>Caesalpinia decapetala</i> (Roth) Alston (syn. <i>C. sepiaria</i>)	Leguminosae	Arbuste lianescent	Bas/-
<i>Calotropis procera</i> Aiton	Asclepiadaceae	Arbuste	
<i>Canna indica</i> L.	Cannaceae	Herbacée	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Cardiospermum grandiflorum</i> Sw.	Solanaceae	Liane	Bas-Moy/Xéro-Méso
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Casuarinaceae	Arbre	Bas/Xéro
<i>Casuarina glauca</i> Siebold ex Spreng.	Casuarinaceae	Arbre	
<i>Cassia tora</i> L.	Leguminosae	Arbuste	Bas-Moy/Xéro-Méso
<i>Castilla elastica</i> Sessé	Moraceae	Arbre	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	Cecropiaceae	Arbre	Bas/Méso
<i>Cecropia peltata</i> L.*	Cecropiaceae	Arbre	Bas-Moy/Méso
<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	Arbre	Bas/ -
<i>Celtis sinensis</i> Pers.	Ulmaceae	Arbre	
<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	Gramineae	Herbacée	Bas/ Xéro
<i>Cenchrus echinatus</i> L.	Gramineae	Herbacée	Bas-Moy/ Xéro
<i>Cestrum auriculatum</i> L' Hér.	Solanaceae	Arbuste	
<i>Cestrum diurnum</i> L.	Solanaceae	Arbuste	
<i>Cestrum nocturnum</i> L.	Solanaceae	Arbuste	Moy/Hygro
<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R. King & H. Robinson (syn. <i>Eupatorium odoratum</i>) *	Compositae	Herbacée	
<i>Chrysanthemoides mondifera</i> (L.) Norl.	Compositae	Herbacée	
<i>Chrysobalanus icaco</i> L.	Chrysobalanaceae	Petit arbre	Bas-Moy/Xéro-Méso-Hygro
<i>Cinchona succirubra</i> Pav. Ex. Klotzsch (syn. <i>C. pubescens</i> Vahl) *	Rubiaceae	Arbre	Moy/Méso-Hygro
<i>Cinnamomum burmanii</i> (Nees) Blume	Lauraceae	Arbre	
<i>Cinnamomum camphora</i> (L.) J. Presl.	Lauraceae	Arbre	
<i>Cinnamomum verum</i> J. Presl. (syn. <i>C. zeylanicum</i>)	Lauraceae	Arbre	Moy/Méso
<i>Citharexylum caudatum</i> L.	Verbenaceae	Arbre	
<i>Citharexylum spinosum</i> L.	Verbenaceae	Arbre	Bas/ -
<i>Clerodendrum chinense</i> (Osbeck) Mabb. (syn. <i>C. philippinum</i> , <i>C. fragrans</i>)	Verbenaceae	Arbuste	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Clerodendrum japonicum</i> (Thunb.) Sweet	Verbenaceae	Arbuste	
<i>Clerodendrum paniculatum</i> L.	Verbenaceae	Arbuste	Bas-Moy/Méso-Hygro

Espèces envahissantes dans l'archipel néo-calédonien
 Question 1 – J.Y. MEYER, L. LOOPE, A. SHEPPARD, J. MUNZINGER, T. JAFFRÉ

© IRD, 2006

<i>Clerodendrum quadiloculare</i> (Blanco) Merrill	Verbenaceae	Arbuste	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Clidemia hirta</i> D. Don.*	Melastomataceae	Arbuste	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Clitoria laurifolia</i> Poiret	Leguminosae	Herbacée	
<i>Clusia rosea</i> Jacq.	Clusiaceae	Arbre	Bas/ -
<i>Coccinia grandis</i> (L.) J. Voight	Cucurbitaceae	Liane	Bas/Xéro-Méso
<i>Coffea arabica</i> L.	Rubiaceae	Petit arbre	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Commelina benghalensis</i> L.	Commelinaceae	Herbacée	Bas-Moy./Méso-Hygro
<i>Commelina diffusa</i> N. L. Burm.	Commelinaceae	Herbacée	Bas-Moy./Méso-Hygro
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronq.	Compositae	Herbacées	-/ Xéro
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pavon) Cham.	Boraginaceae	Arbre	
<i>Cortaderia jubata</i> (Lemaire) Stapf.	Gramineae	Herbacée dressée	Moy-Haut/Hygro
<i>Cortaderia selloana</i> (Schultes & Schultes f.) Asch. & Graebner	Gramineae	Herbacée dressée	
<i>Corynocarpus laevigatus</i> Forster & Forster f.	Corynocarpaceae	Arbre	
<i>Crassocephalum crepidoides</i> (Benth.) S. Moore	Compositae	Herbacée	-/ Xéro-Méso-Hygro
<i>Cryptostegia grandiflora</i> R. Br.	Asclepiadaceae	Arbuste lianescent	
<i>Cuphea carthagenensis</i> (Jacq.) Macbr.	Lythraceae	Herbacée	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.**	Cyperaceae	Herbacée	Bas-Moy-Haut/-
<i>Cyperus rotundus</i> L.**	Cyperaceae	Herbacée	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Datura arborea</i> Ruiz & Pavon	Solanaceae	Arbuste	
<i>Datura stramonium</i> L.	Solanaceae	Arbuste	Bas/ -
<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight & Arn. (syn. <i>Mimosa cinerea</i>)	Leguminosae	Arbuste	Bas/Xéro
<i>Digitaria insularis</i> (L.) Mez ex Ekman (syn. <i>Tridachne insularis</i>)	Gramineae	Herbacée	Bas/Xéro
<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	Gramineae	Herbacée	Bas/ Hygro
<i>Egeria densa</i> Planch.	Hydrocharitaceae	Herbacée aquatique	Eaux douces
<i>Ehrharta stipoides</i> Labill. (syn. <i>Microloena stipoides</i>)	Gramineae	Herbacée	Bas-Moy/ Hygro
<i>Eichhornia azurea</i> (C. Martius) Solmslaub	Pontederiaceae	Herbacée aquatique	Eaux douces
<i>Eichhornia crassipes</i> (Sw.) Kunth.*/**	Pontederiaceae	Herbacée aquatique	Eaux douces
<i>Elephantopus mollis</i> Kunth.	Compositae	Herbacée	Bas-Moy-Haut/Méso-Hygro
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertner	Gramineae	Herbacée	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Erigeron karvinskianus</i> DC	Compositae	Herbacée	Moy-Haut/Méso-Hygro
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindley	Rosaceae	Arbre	Bas-Moy/Méso
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Myrtaceae	Petit arbre	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Ficus microcarpa</i> L. f.	Moraceae	Arbre	Bas/Xéro-Méso
<i>Flacourtia jangomas</i> (Lour.) Räuschel	Flacourtiaceae	Petit arbre	
<i>Flacourtia indica</i> (Burm. F.) Merr. (syn. <i>F. ramontchi</i>)	Flacourtiaceae	Petit arbre	Bas/Xéro
<i>Flemingia strobilifera</i> (L.) Ait. (syn. <i>Mohaganian strobilifera</i>)	Leguminosae	Arbuste	Bas-Moy/Méso
<i>Heteropogon contortus</i> (L.) Roemer & Schultes	Gramineae	Herbacée	Bas-Moy/Xéro-Méso
<i>Flindersia brayleyana</i> F. Muell.	Rutaceae	Arbre	
<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenzig) Lingelsh	Oleaceae	Arbre	
<i>Fuchsia boliviana</i> Carrière	Onagraceae	Arbuste	Moy/Méso-Hygro
<i>Fuchsia magellanica</i> Lam	Onagraceae	Arbuste	Moy/Méso-Hygro
<i>Funtumia elastica</i> (Preuss) Stapf.	Apocynaceae	Arbre	

Espèces envahissantes dans l'archipel néo-calédonien
 Question 1 – J.Y. MEYER, L. LOOPE, A. SHEPPARD, J. MUNZINGER, T. JAFFRÉ

© IRD, 2006

<i>Furcraea foetida</i> (L.) Haw. (syn. <i>F. gigantea</i>, <i>Agave foetida</i>)	Agavaceae	Succulente	Bas/Xéro-Méso
<i>Furcraea hexapetala</i> (Jacq.) Urban. (syn. <i>F. cubensis</i>)	Agavaceae	Succulente	Bas-Moy/Xéro-Méso
<i>Glycine wightii</i> (Arn.) Verdc.	Leguminosae	Liane	
<i>Gmelina elliptica</i> J. E. Smith	Labiatae	Arbuste	
<i>Grevillea banksii</i> R. Br.	Proteaceae	Arbuste	Bas-Moy/Xéro-Méso-Hygro
<i>Grevillea robusta</i> Cunn. ex R. Br.	Proteaceae	Arbre	
<i>Haematoxylon campechianum</i> L.	Leguminosae	Petit arbre	Bas/ Xéro
<i>Harungana madagascariensis</i> Lam ex Poiret	Guttiferae	Petit arbre	Bas/Méso
<i>Hedychium coronarium</i> J. Koenig	Zingiberaceae	Herbacée dressée	Bas-Moy/Hygro
<i>Hedychium flavescens</i> N. Carey ex Roscoe	Zingiberaceae	Herbacée dressée	Bas-Moy/Hygro
<i>Hedychium gardnerianum</i> Ker-Gawl *	Zingiberaceae	Herbacée dressée	Moy-Haut/Hygro
<i>Heliocarpus popayanensis</i> Kunth	Tiliaceae	Arbre	
<i>Hemigraphis alternata</i> (N. L. Burm.) T. Anderson (syn. <i>H. colorata</i>)	Acanthaceae	Herbacée	Bas/ -
<i>Heterocentron subtripplinervium</i> (Link & Otto) A. Braun	Melastomataceae	Arbuste	-/ Méso-Hygro
<i>Hiptage benghalensis</i> (L.) Kurtz *	Malpighiaceae	Liane	Bas/Xéro-Méso
<i>Holcus lanatus</i> L.	Gramineae	Herbacée	Moy-Haut/Méso-Hygro
<i>Homalanthus populifolius</i> Graham	Euphorbiaceae	Arbuste	Bas/Xéro
<i>Hydrilla verticillata</i> (L. f.) C. Presl	Hydrocharitaceae	Herbacée aquatique	Eaux douces
<i>Hypochoeris radicata</i> L.	Gramineae	Herbacée	Moy-Haut/ Xéro-Méso-Hygro
<i>Hyptis pectinata</i> (L.) Poit.	Labiatae	Herbacée	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Pal.*/**	Gramineae	Herbacée	Bas-Moy/ -
<i>Indigofera suffruticosa</i> Mill.	Leguminosae	Arbuste	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Ipomea cairica</i> (L.) Sweet	Convolvulaceae	Liane	Bas-Moy/ Xéro
<i>Ischaemum polystachyum</i> var. <i>chordatum</i> (Trin.) Fosberg & Sachet	Gramineae	Herbacée	
<i>Ischaemum rugosum</i> Salisb.	Gramineae	Herbacée	
<i>Ischaemum timorense</i> Kunth	Gramineae	Herbacée	Bas
<i>Jasminum fluminense</i> Vell.	Oleaceae	Liane	Bas/ Xéro
<i>Jatropha gossipifolia</i> L.	Euphorbiaceae	Arbuste	Bas/Xéro
<i>Justicia carnea</i> Lindl.	Acanthaceae	Herbacée dressée	Bas-Moyen/Hygro
<i>Justicia betonica</i> L.	Acanthaceae	Herbacée	Bas-Moyen/Méso-Hygro
<i>Justicia gendarussa</i> L. f.	Acanthaceae	Arbuste	
<i>Kalanchoe pinnata</i> (Lam) Pers. (syn. <i>Bryophyllum pinnatum</i>)	Crassulaceae	Succulente	Bas/Xéro-Méso
<i>Kyllinga brevifolia</i> Rottb.	Cyperaceae	Herbacée	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Kyllinga polyphylla</i> Willd. ex Kunth.	Cyperaceae	Herbacée	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Lantana camara</i> L.*	Verbenaceae	Arbuste	Bas-Moy-Haut/Xéro-Méso-Hygro
<i>Leptospermum scoparium</i> Forster & Forster f.	Myrtaceae	Arbuste	Haut/Hygro
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam) De Wit. (syn. <i>L. glauca</i>) *	Leguminosae	Petit arbre	Bas/Xéro
<i>Ligustrum robustum</i> (Roxb.) Bl. subsp. <i>walkerii</i> (Decne) P. S. Green *	Oleaceae	Arbuste	Moy-Haut/Méso-Hygro
<i>Ligustrum sinense</i> Lour.	Oleaceae	Arbuste	Haut/Hygro
<i>Limnocharis flava</i> (L.) Buchenau	Limnocharitaceae	Herbacée aquatique	

Espèces envahissantes dans l'archipel néo-calédonien

Question 1 – J.Y. MEYER, L. LOOPE, A. SHEPPARD, J. MUNZINGER, T. JAFFRÉ

© IRD, 2006

<i>Litsea glutinosa</i> (Lour.) Robinson	Lauraceae	Petit arbre	Bas/Xéro
<i>Litsea monopetala</i> (Roxb.) Pers.	Lauraceae	Petit arbre	Bas/Xéro-Mésio
<i>Livistona chinensis</i> (Jacq.) R. Br. ex Mart.	Palmae	Palmier	
<i>Lonicera confusa</i> (Swett) DC	Caprifoliaceae	Arbuste	-/ Mésio-Hygro
<i>Lonicera japonica</i> Thunb.	Caprifoliaceae	Arbuste	Bas-Moy/ -
<i>Macfadyena unguis-cati</i> (L.) A. Gentry	Bignoniaceae	Liane	
<i>Melaleuca quinquenervia</i> (Cav.) S. T. Blake *	Myrtaceae	Arbre	Bas-Moy/ Mésio
<i>Melia azedarach</i> L.	Meliaceae	Arbre	Bas/Xéro-Mésio
<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	Gramineae	Herbacée	Bas-Moy-Haut/Xéro-Mésio-Hygro
<i>Melochia umbellata</i> (Houtt.) Stapf.	Sterculiaceae	Petit arbre	Bas/ -
<i>Memecylon caeruleum</i> Jack. (syn. <i>M. floribundum</i>)	Melastomataceae	Arbuste	
<i>Merremia peltata</i> (L.) Merr.	Convolvulaceae	Liane	Bas/Xéro-Mésio
<i>Merremia tuberosa</i> (L.) Rendle	Convolvulaceae	Liane	Bas/Xéro-Mésio
<i>Miconia calvescens</i> DC (syn. <i>M. magnifica</i>)*	Melastomataceae	Petit arbre	Bas-Moy/Mésio-Hygro
<i>Mikania micrantha</i> H. B. K. (syn. <i>M. scandens</i>) *	Compositae	Liane	Bas-Moy/ -
<i>Mimosa invisa</i> (syn. <i>M. diplotricha</i>) Mart. ex Colla	Leguminosae	Arbuste	Bas/Xéro-Mésio
<i>Mimosa pigra</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Leguminosae	Arbuste	
<i>Mimosa pudica</i> L.	Leguminosae	Herbacée	Bas/Xéro-Mésio
<i>Montanoa hibiscifolia</i> Benth.	Compositae	Arbuste	Bas-Moy/Xéro-Mésio
<i>Mucuna pruriens</i> (L.) DC	Leguminosae	Liane	Bas/ -
<i>Muntingia calabura</i> L.	Rosaceae	Petit arbre	Bas/Xéro-Mésio
<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jacq.	Rutaceae	Petit arbre	
<i>Myrica faya</i> Aiton (syn. <i>Morella faya</i>) *	Myricaceae	Arbre	Haut/Hygro
<i>Nassella neesiana</i> (Trin. & Rupr.) Barkworth	Gramineae	Herbaceae	
<i>Ochna kirkii</i> Oliver (syn. <i>O. thomasiana</i>)	Ochnaceae	Arbuste	Bas/Mésio
<i>Ochroma pyramidale</i> (Lam) Urban	Bombacaceae	Arbre	Bas/Mésio
<i>Ocimum gratissimum</i> L.	Labiatae	Arbuste	Bas/Xéro-Mésio
<i>Odontonema strictum</i> (Nees) Kuntz. (syn. <i>O. cuspidatum</i> , <i>O. tubaeforme</i>)	Acanthaceae	Herbacée dressée	Bas-Moy/Mésio-Hygro
<i>Olea europaea</i> L.	Oleaceae	Petit arbre	Moy/ Xéro-Mésio
<i>Opuntia stricta</i> Haw.*	Cactaceae	Succulente	
<i>Opuntia vulgaris</i> Mill.	Cactaceae	Succulente	Bas/ Xéro-Mésio
<i>Ossaea marginata</i> (Desr.) Triana	Melastomataceae	Arbuste	
<i>Oxyspora paniculata</i> (D. Don.) DC	Melastomataceae	Arbuste	
<i>Paederia scandens</i> (Lour.) Merr. (syn. <i>P. foetida</i>)	Rubiaceae	Liane	Bas-Moy-Haut/Xéro-Mésio
<i>Panicum maximum</i> Jacq.	Gramineae	Herbacée	Bas-Moy/Mésio
<i>Panicum repens</i> L.	Gramineae	Herbacée	Bas-Moy/ -
<i>Paraserianthes falcataria</i> (L.) I. Nielsen (syn. <i>Albizia moluccana</i>, <i>Falcataria moluccana</i>)	Leguminosae	Arbre	Bas/Xéro-Mésio
<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Leguminosae	Arbre	Xéro-Mésio
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Compositae	Herbacée	Bas/ Xéro
<i>Paspalum conjugatum</i> Bergius **	Gramineae	Herbacée	Bas-Moy/Mésio-Hygro
<i>Paspalum distichum</i> L. & P.	Gramineae	Herbacée	Bas-Moy/Mésio
<i>Paspalum paniculatum</i> L.	Gramineae	Herbacée	Bas-Moy/Mésio-Hygro
<i>Paspalum urvillei</i> Steud.	Gramineae	Herbacée	Bas-Moy
<i>Passiflora foetida</i> L.	Passifloraceae	Liane	Bas-Moy/Xéro-Mésio
<i>Passiflora laurifolia</i> L.	Passifloraceae	Liane	Bas/ Mésio-Hygro
<i>Passiflora ligularis</i> Juss.	Passifloraceae	Liane	Bas-Moy/ (Xéro)-Mésio-Hygro
<i>Passiflora maliformis</i> L.	Passifloraceae	Liane	Bas-Moy/Mésio-Hygro

Espèces envahissantes dans l'archipel néo-calédonien

Question 1 – J.Y. MEYER, L. LOOPE, A. SHEPPARD, J. MUNZINGER, T. JAFFRÉ

© IRD, 2006

<i>Passiflora mollissima</i> (Kunth) L. Bailey (syn. <i>P. taminiana</i> , <i>P. tripartita</i> var. <i>mollissima</i>)	Passifloraceae	Liane	Moy-Haut/Méso-Hygro
<i>Passiflora rubra</i> L.	Passifloraceae	Liane	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Passiflora suberosa</i> L.	Passifloraceae	Liane	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	Gramineae	Herbacée	Bas-Moy/Xéro-Méso-Hygro
<i>Pennisetum polystachyon</i> (L.) Schultes	Gramineae	Herbacée	Bas-Moy-Haut/Xéro-Méso
<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.	Gramineae	Herbacée	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Pennisetum setaceum</i> (Forssk.) Chiov.	Gramineae	Herbacée	Bas-Moy-Haut/Xéro-Méso-Hygro
<i>Phlogacanthus turgidus</i> (Flua ex Hook. F.) Lindau	Acanthaceae	Herbacée dressée	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Phormium tenax</i> Forster & Forster f.	Phormiaceae	Herbacée dressée	
<i>Phyllostachys nigra</i> var. <i>henionis</i> (Miltf.) Stapf. ex Rendle	Gramineae	Bambou	Bas/ -
<i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barret & Nielsen	Pinaceae	Arbre	Bas-Moy/Xéro-Méso
<i>Pinus radiata</i> D. Don.	Pinaceae	Arbre	
<i>Piper aduncum</i> L.	Piperaceae	Arbuste	Bas-Moy/Méso
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Leguminosae	Arbre	Bas/Xéro
<i>Pittosporum undulatum</i> Vent.	Pittosporaceae	Arbre	Moy/ Méso
<i>Pluchea indica</i> (L.) Less.	Compositae	Arbuste	Bas/ Xéro
<i>Pluchea symphytifolia</i> (Mill.) Gillis (syn. <i>P. carolinensis</i>, <i>P. odorata</i>)	Compositae	Arbuste	Bas-Moy/Xéro-Méso
<i>Prosopis glandulosa</i> Torrey *	Leguminosae	Petit arbre	
<i>Prosopis juliflora</i> (SW.) DC	Leguminosae	Petit arbre	Bas/Xéro
<i>Prosopis pallida</i> (Willd.) Kunth	Leguminosae	Petit arbre	Bas/Xéro
<i>Pueraria lobata</i> (Willd.) Ohwi.*	Leguminosae	Liane	Bas-Moy/ -
<i>Pseudelephantopus spicatus</i> (Juss. ex Aubl.) Vahl.	Compositae	Herbacée	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine (syn. <i>P. littorale</i>) *	Myrtaceae	Arbre	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	Arbre	Bas/Xéro-Méso
<i>Pterocarpus indicus</i> Willd.	Leguminosae	Arbre	
<i>Ravenala madagascariensis</i> Sonn.	Strelitziaceae	Palmier	Bas/Méso
<i>Rhizophora mangle</i> L.	Rhizophoraceae	Petit arbre	Bas/ -
<i>Rhodomyrtus tomentosa</i> (Aiton) Hassk.	Myrtaceae	Arbuste	Bas-Moy/Xéro-Méso
<i>Rhus longipes</i> Engler	Anacardiaceae	Petit arbre	Bas/Xéro
<i>Ricinus communis</i> L.	Euphorbiaceae	Arbuste	Bas-Moy/Xéro-Méso
<i>Rivina humilis</i> L.	Phytolaccaceae	Herbacée	Bas/ Xéro-Méso
<i>Rubus alceifolius</i> Poir.	Rosaceae	Arbuste	Bas-Moy-Haut/Méso-Hygro
<i>Rubus argutus</i> Link	Rosaceae	Arbuste	Moy-Haut/Méso-Hygro
<i>Rubus ellipticus</i> Sm. (syn. <i>R. penetrans</i>) *	Rosaceae	Arbuste	Haut/Hygro
<i>Rubus glaucus</i> Benth.	Rosaceae	Arbuste	
<i>Rubus moluccanus</i> L.	Rosaceae	Arbuste	Bas-Moy/ -
<i>Rubus niveus</i> Thunb. (syn. <i>R. nivalis</i>)	Rosaceae	arbuste	
<i>Rubus rosifolius</i> Sm.	Rosaceae	Arbuste	Moy-Haut/ Méso-Hygro
<i>Ruellia brevifolia</i> (Pohl.) Ezcurro	Acanthaceae	Herbacée	
<i>Ruellia prostata</i> Poiret	Acanthaceae	Herbacée	Bas/ Méso
<i>Rynchelytrum repens</i> (Willd.) Hubb. (syn. <i>Melinis repens</i>)	Gramineae	Herbaceae	Bas-Moy/ Xéro-Méso
<i>Sacciolepis indica</i> (L.) Chase	Gramineae	Herbacée	Bas-Moy-Haut/ Hygro
<i>Salix</i> sp. L.	Salicaceae	Arbre	
<i>Salvinia molesta</i> D. Mitch. (syn. <i>S. auriculata</i>)	Salviniaceae	Herbacée aquatique	Eaux douces

Espèces envahissantes dans l'archipel néo-calédonien
 Question 1 – J.Y. MEYER, L. LOOPE, A. SHEPPARD, J. MUNZINGER, T. JAFFRÉ

© IRD, 2006

<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	Leguminosae	Arbre	Bas
<i>Sanchezia parvibracteata</i> Sprague & Hutch	Acanthaceae	Herbacée dressée	
<i>Sanchezia speciosa</i> Hook (syn. <i>S. nobilis</i>)	Acanthaceae	Herbacée dressée	Bas-Moy/Hygro
<i>Schefflera actinophylla</i> (Endl.) Harms (syn. <i>Brassaia actinopylla</i> Endl.)	Araliaceae	Petit arbre	Bas/Xéro-Méso
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi*	Anacardiaceae	Petit arbre	Bas-Moy/Méso
<i>Schizachyrium condensatum</i> (Kunth.) Nees (syn. <i>Andropogon glomeratus</i>)	Gramineae	Herbacée dressée	Bas-Moy/Méso
<i>Senecio mikanioides</i> Otto ex Walp. (syn. <i>Delairea odorata</i>)	Compositae	Herbacée	-/ Xéro
<i>Senecio madagascariensis</i> Poir.	Compositae	Herbacée	
<i>Senna surattensis</i> (N. L. Burm.) H. Irwin & Barneby (syn. <i>Cassia surattensis</i> , <i>C. glauca</i>)	Leguminosae	Petit arbre	Bas/ -
<i>Setaria palmifolia</i> (Koenig) Stapf.	Gramineae	Herbacée	Méso-Hygro/ Bas-Moy
<i>Sida acuta</i> N. L. Burm.	Malvaceae	Herbacée	Bas-Moy/Xéro-Méso
<i>Sida rhombifolia</i> L.	Malvaceae	Herbacée	Bas-Moy/Xéro-Méso
<i>Solanum linnaeanum</i> Hepper & Jaeger	Solanaceae	Arbuste	Bas-Moy/ Xéro
<i>Solanum mauritianum</i> Scop. (syn. <i>S. auriculatum</i>)	Solanaceae	Arbuste	Bas-Moy/Xéro-Méso-Hygro
<i>Solanum seaforthianum</i> Andr.	Solanaceae	Arbuste lianescent	Bas/ -
<i>Solanum torvum</i> Sw.	Solanaceae	Arbuste	Bas-Moy/Xéro-Méso
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.**	Gramineae	Herbacée	Bas-Moy/ Méso-Hygro
<i>Sorghum sudanense</i> (Piper) Stapf.	Gramineae	Herbacée	
<i>Spathodea campanulata</i> Pal.*	Bignoniaceae	Arbre	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Sphaeropteris cooperi</i> (Hook ex F. Muell.) R. M. Tyron (syn. <i>Cyathea cooperi</i>)	Cyatheaceae	Fougère arborescente	Moy/Hygro
<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. Br.	Gramineae	Herbacées	Bas/ -
<i>Stachytarpheta cayennensis</i> non (Rich.) Vahl.	Verbenaceae	Herbacée	Bas-Moy/ Méso
<i>Stachytarpheta urticifolia</i> Sims	Verbenaceae	Herbacée	Bas/ Méso
<i>Strobilanthes hamiltonianus</i> (Steudel) Bosser & Heine	Acanthaceae	Herbacée	Moy/Hygro
<i>Synedrella nodiflora</i> (L.) Gaertner	Compositae	Herbacée	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels (syn. <i>Eugenia cumini</i>)	Myrtaceae	Arbre	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston (syn. <i>Eugenia jambos</i>)	Myrtaceae	Arbre	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Tabebuia pallida</i> (Lindley) Miers	Bignoniaceae	Arbre	Bas/Xéro
<i>Tagetes minuta</i> L.	Compositae	Herbaceae	Haut/ -
<i>Tamarix aphylla</i> (L.) Karsten	Tamaricaceae	Arbre	
<i>Tecoma stans</i> (L.) Kunth	Bignoniaceae	Petit arbre	Bas-Moy-Haut/Méso-Hygro
<i>Themeda villosa</i> (Poirét) A. Camus	Gramineae	Herbacée	Bas-Moy/ Xéro
<i>Thunbergia grandiflora</i> Roxb.	Acanthaceae	Liane	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Thunbergia alata</i> Bojer ex Sims	Acanthaceae	Liane	Bas-Moy/ -
<i>Thunbergia fragrans</i> Roxb.	Acanthaceae	Liane	Bas/ -
<i>Thunbergia laurifolia</i> Lindl.	Acanthaceae	Liane	Moy/ -
<i>Tibouchina herbacea</i> DC (Cogn.)	Melastomataceae	Arbuste	Moy/Méso-Hygro
<i>Tibouchina urvilleana</i> DC (Cogn.) (syn. <i>T. semidecandra</i>)	Melastomataceae	Arbuste	Moy-Haut/Hygro
<i>Timonius timon</i> (Sprengel) Merr.	Rubiaceae	Arbre	
<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsley) A. Gray	Compositae	Herbacée	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Toona ciliata</i> M. Roemer	Meliaceae	Arbre	Bas-Moy/ Méso-Hygro
<i>Tradescantia spathacea</i> Swartz (syn. <i>Rhoeo</i>)	Commelinaceae	Herbacée	Bas/ -

Espèces envahissantes dans l'archipel néo-calédonien
 Question 1 – J. Y. MEYER, L. LOOPE, A. SHEPPARD, J. MUNZINGER, T. JAFFRÉ

© IRD, 2006

<i>discolor</i> L'Hérit., <i>R. spathacea</i> (Swartz) Stearn.)			
<i>Triplaris weigeltiana</i> (Reich. f.) Kuntze (syn. <i>T. surinamensis</i>)	<i>Polygonaceae</i>	Arbre	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Triumfetta rhomboidea</i> Jacq.	<i>Tiliaceae</i>	Arbuste	Bas-Moy/ Xéro
<i>Turbina corymbosa</i> (L.) Raf.	<i>Convolvulaceae</i>	Liane	
<i>Turnera ulmifolia</i> L.	<i>Turneraceae</i>	Herbacée	Bas/Xéro-Méso
<i>Ulex europaeus</i> L.*	<i>Leguminosae</i>	Arbuste	Moy-Haut/Hygro
<i>Urena lobata</i> L.	<i>Malvaceae</i>	Arbuste	Bas-Moy/Xéro-Méso-Hygro
<i>Verbascum thapsus</i> L.	<i>Scrophulariaceae</i>	Herbacée	Haut/ -
<i>Verbena littoralis</i> Kunth	<i>Verbenaceae</i>	Herbacée	Bas-Moy-Haut/ Xéro-Méso-Hygro
<i>Waterhousea floribunda</i> (F. Muell.) B. Hyland (syn. <i>Syzygium floribundum</i> F. Muell.)	<i>Myrtaceae</i>	Petit arbre	Bas-Moy/Méso-Hygro
<i>Wedelia trilobata</i> (L.) A. Hitchc. (syn. <i>Sphagneticola trilobata</i>) *	<i>Compositae</i>	Herbacée	Bas-Moy-Haut/Xéro-Méso-Hygro
<i>Wikstroemia indica</i> (L.) C. Meyer	<i>Thymelaeaceae</i>	Arbuste	Bas/Xéro
<i>Wisteria sinensis</i> (Sims) Sweet	<i>Leguminosae</i>	Liane	
<i>Xanthium pungens</i> Wallr. Beitr.	<i>Compositae</i>	Arbuste	Bas/ -
<i>Xanthium strumarium</i> L.	<i>Compositae</i>	Arbuste	Bas/ Xéro
<i>Zantedeschia aethiopica</i> (L.) Sprengel	<i>Araceae</i>	Herbacée	Moy-Haut/Hygro
<i>Zizyphus mauritiana</i> Lam	<i>Rhamnaceae</i>	Arbuste	Bas/Xéro

ANNEXE 10

**100 of the world's worst invasive alien species – A
selection from the global invasive species
database publié par l'IUCN – 2004**

100 of the World's Worst Invasive Alien Species

Publié par UICN en 2004

1. [Acacia mearnsii](#) (arbuste)  

Acacia mearnsii est un arbre à croissance rapide de la famille des légumineuses (qui fixe l'azote). Originaire d'Australie, il est souvent utilisé comme source de tanin dans un but commercial ou comme source de bois de chauffage par les communautés locales. Il menace les habitats en concurrençant la végétation indigène, en remplaçant les communautés d'herbacées, en réduisant la biodiversité indigène et en augmentant les pertes en eau.

Noms communs: acácia-negra, Australian acacia, Australische akazie, black wattle, swartwattel, uwatela

2. [Achatina fulica](#) (mollusque)  

L'escargot géant africain (*Achatina fulica*) est une menace pour la viabilité des cultures et pour les écosystèmes indigènes. Ses impacts négatifs sur la faune indigène sont multiples allant de la compétition, de la transmission de maladie, à la consommation directe de plantes indigènes. Les escargots indigènes des écosystèmes insulaires fragiles comme Hawaï et les îles de Polynésie française sont particulièrement sensibles aux effets négatifs d'*A. fulica* et à d'autres escargots exotiques. La meilleure façon de prévenir la diffusion d'*A. fulica* est de renforcer les systèmes internationaux de quarantaine.

Noms communs: achatine, Afrikanische Riesenschnecke, escargot géant d'Afrique, giant African land snail, giant African snail

3. [Acridotheres tristis](#) (oiseau)  

Acridotheres tristis est originaire d'Inde, mais il a été introduit dans le monde entier principalement pour limiter les populations d'insectes dans les cultures. Cependant, il affecte la biodiversité indigène en rentrant en compétition pour les sites de nidification, en détruisant des poussins et des oeufs, et en faisant fuir des petits mammifères.

Noms communs: brun majna, common myna, hirtenmaina, hjarðmænr, Indian myna, Indian mynah, kabairohakka, maina, mainá común, maina comune, mainato, majna brunatna, majna obecná, Martin triste, merle des Moluques, mynah, pihamaina, treurmaina

4. [Aedes albopictus](#) (insecte)  

Le moustique *Aedes albopictus* se répand avec le commerce international de pneus (grâce à l'eau de pluie retenue dans les pneus quand ceux-ci sont stockés à l'extérieur). Pour contrôler sa diffusion, les voies commerciales doivent être identifiées afin de mettre en place des mesures de stérilisation ou de quarantaine. *Aedes albopictus* est associé à la transmission de beaucoup de maladies humaines, dont le virus du West Nile, de la dengue et de l'encéphalite japonaise. Beaucoup de pays ont été colonisés par ce moustique. Des introductions en Europe ont été corrélées avec les importations de pneus (Italie, France, Belgique) tandis que d'autres sont d'origines inconnues et non liées aux pneus (Espagne) et dans un des cas (Pays-Bas) l'introduction semble être en relation avec l'importation de plantes de jardin.

Noms communs: Asian tiger mosquito, forest day mosquito, mosquito tigre, moustique tigre, tiger mosquito, tigermücke, zanzare tigre

5. [Anopheles quadrimaculatus](#) (insect) 

Anopheles quadrimaculatus is the chief vector of malaria in North America. This species prefers habitats with well-developed beds of submergent, floating leaf or emergent aquatic vegetation. Larvae are typically found in sites with abundant rooted aquatic vegetation, such as rice fields and adjacent irrigation ditches, freshwater marshes and the vegetated margins of lakes, ponds and reservoirs.

Noms communs: common malaria mosquito, common malaria mosquito, Gabelmücke

6. [Anoplolepis gracilipes](#) (insecte)  

Les fourmis folles (appelées ainsi en raison de leurs mouvements frénétiques) ont envahi des écosystèmes indigènes et ont causé des dégâts écologiques de Hawaï, jusqu'aux Seychelles et à Zanzibar. Dans l'île de Christmas dans l'Océan Indien, elles ont constitué d'immenses colonies (ou supercolonies) avec plusieurs reines dans au moins huit secteurs de la forêt équatoriale, se déplaçant dans tous les habitats, y compris la canopée, à la recherche de nourriture. Elles y ont décimé la population du crabe rouge terrestre (*Gecarcoidea natalis*). En 18 mois, ces fourmis ont été capables d'exterminer 3 millions de crabes. Le crabe rouge joue un rôle essentiel dans l'écosystème de la forêt équatoriale de l'île de Christmas. Se nourrissant de feuillage mort et de jeunes pousses, il assure ainsi le nettoyage du sous-bois et influence la composition de la forêt. Les fourmis folles attaquent ou

perturbent aussi la reproduction de nombreux arthropodes, reptiles, oiseaux et mammifères présents dans le sous-bois et la canopée de la forêt. L'un de leurs traits le plus surprenant est leur capacité à cultiver et à protéger des insectes suceurs de sèves qui endommagent la canopée de la forêt de l'île de Christmas. Bien que moins de 5% de la forêt équatoriale de l'île de Christmas soit jusqu'à présent infestée par ces fourmis, la communauté scientifique s'inquiète du risque qu'encourent des oiseaux en danger critique d'extinction tel que *Papasula abotti*, qui ne niche nulle part ailleurs dans le monde, et qui pourrait disparaître suite à la destruction de son habitat et par les attaques des fourmis folles.

Noms communs: ashinaga-ki-ari, crazy ant, Gelbe Spinnerameise, gramang ant, long-legged ant, Maldive ant, yellow crazy ant

7. [**Anoplophora glabripennis**](#) (insect) 

Native to China and Korea, *Anoplophora glabripennis* has been intercepted in solid wood packaging material in the USA (14 states) and Britain. Known infestations were discovered in New York (1996) and Chicago (1998) about 10 years after the beetle first entered the U.S. An infestation was also discovered in Austria in 2001.

Noms communs: Asian longhorn beetle, Asian longhorned beetle, Asiatischer Laubholzkäfer, longicorne Asiatique, starry sky beetle

8. [**Aphanomyces astaci**](#) (fungus) 

Aphanomyces astaci is commonly referred to as crayfish plague. It is a specialised parasitic fungus that infects only crayfish species. This fungus is endemic of North America and it is carried by North American species, i.e. signal crayfish *Pacifastacus leniusculus*, *Procambarus clarkii* and *Orconectes limosus*. The parasitic fungus *A. astaci* was introduced into Europe by imports of North American species of crayfish. Native European crayfish populations are not resistant to the fungus. It has since devastated native crayfish stocks throughout the continent.

Noms communs: crayfish plague, Wasserschimmel

9. [**Ardisia elliptica**](#) (arbre) 

Ardisia elliptica est un arbre à feuilles persistantes tolérant l'ombre et dont la croissance rapide et le fruit attrayant en ont fait une plante ornementale populaire dans le passé. Il s'est échappé des jardins privés et publics pour envahir les milieux naturels. En raison du fort potentiel reproductif et de la haute tolérance à l'ombre de cet arbre, des tapis de jeunes plants se forment au-dessous des arbres adultes. La haute viabilité des graines (99 %) et leur consommation par des oiseaux ou des mammifères frugivores contribue à la diffusion rapide de l'espèce à travers le paysage.

Noms communs: ardisie elliptique, ati popa'a, shoebutton ardisia

10. [**Arundo donax**](#) (graminée) 

La canne de Provence (*Arundo donax*) est une graminée pérenne qui a été largement introduite dans les zones humides des régions subtropicales et tempérées du monde. Une fois établie, elle forme des peuplements denses et homogènes au détriment des espèces indigènes, modifiant l'habitat de la faune sauvage locale. Elle accroît également le risque d'incendie et d'inondation.

Noms communs: arundo grass, bamboo reed, cana, cane, canne de Provence, carrizo grande, cow cane, donax cane, giant cane, giant reed, la canne de Provence, narkhat, ngasau ni vavalangi, Pfahlrohr, reedgrass, river cane, Spanisches Rohr, Spanish cane, Spanish reed

11. [**Asterias amurensis**](#) (sea star) 

Originally found in far north Pacific waters and areas surrounding Japan, Russia, North China, and Korea, the northern Pacific seastar (*Asterias amurensis*) has successfully invaded the southern coasts of Australia and has the potential to move as far north as Sydney. The seastar will eat a wide range of prey and has the potential for ecological and economic harm in its introduced range. Because the seastar is well established and abundantly widespread, eradication is almost impossible. However, prevention and control measures are being implemented to stop the species from establishing in new waters.

Noms communs: Flatbottom seastar, Japanese Seastar, Japanese starfish, Nordpazifischer Seestern, North Pacific seastar, northern Pacific seastar, purple-orange seastar

12. [**Banana bunchy top virus \(BBTV\)**](#) (micro-organisme) 

Le virus Bunchy top de la banane est un pathogène mortel qui affecte l'industrie de la banane au niveau mondial. Les plants de bananiers infectés produisent des feuilles de plus en plus petites sur des pétioles de plus en plus courts, ce qui donne aux plantes une apparence déformée (rachitique). Les fruits peuvent être déformés et les plantes peuvent devenir stériles avant qu'éventuellement l'ensemble du pied (rhizome) ne meurt. La diffusion internationale du virus bunchy top est principalement liée au transport de plants infectés.

Noms communs: abaca bunchy top virus, banana bunchy top disease (BBTD), BBTV, bunchy top, bunchy top virus, laufeti'iti'i

13. [**Batrachochytrium dendrobatidis**](#) (fungus) 

Batrachochytrium dendrobatidis is a non-hyphal parasitic chytrid fungus that has been associated with population declines in endemic amphibian species in upland montane rain forests in Australia and Panama. It causes cutaneous mycosis (fungal infection of the skin), or more specifically chytridiomycosis, in wild and captive amphibians. First described in 1998, the fungus is the only chytrid known to parasitise vertebrates. *B. dendrobatidis* can remain viable in the environment (especially aquatic environments) for weeks on its own, and may persist in latent infections.

Noms communs: chytrid frog fungi, chytridiomycosis, chytridiomycosis, Chytrid-Pilz, frog chytrid fungus

14. [*Bemisia tabaci*](#) (insect) 

Bemisia tabaci has been reported from all continents except Antarctica. Over 900 host plants have been recorded for *B. tabaci* and it reportedly transmits 111 virus species. It is believed that *B. tabaci* has been spread throughout the world through the transport of plant products that were infested with whiteflies. Once established, *B. tabaci* quickly spreads and through its feeding habits and the transmission of diseases, it causes destruction to crops around the world. *B. tabaci* is believed to be a species complex, with a number of recognised biotypes and two described extant cryptic species.

Noms communs: cotton whitefly, mosca blanca, sweet potato whitefly, sweetpotato whitefly, Weisse Fliege

15. [*Boiga irregularis*](#) (reptile) 

The night-loving and tree-loving, brown tree snake (*Boiga irregularis*) is secretive by nature. It is often found concealed on container ships and in aircraft cargo. It probably arrived on Guam after World War II in a cargo ship. Now the wetlands, coastlands and forests of Guam are bereft of nine out of twelve native bird species (and two out of eleven native lizards) due to the snakes voracious appetite. The brown tree snake is not a fussy feeder, stimulating the very real fear that it might drive yet more species to extinction.

Noms communs: Braune Nachtbaumnatter, brown tree snake, brown treesnake, culepla, kulebla

16. [*Bufo marinus*](#) (amphibien)  

Bufo marinus a été introduit dans beaucoup d'endroits pour la lutte biologique contre différents insectes ravageurs de la canne à sucre et d'autres cultures, mais ce crapaud est devenu lui-même un ravageur. Il se nourrit de presque n'importe quel animal terrestre et rivalise avec les amphibiens indigènes pour l'alimentation et l'habitat de reproduction. Ses sécrétions toxiques sont connues pour causer des maladies et la mort chez les animaux domestiques qui entrent en contact avec les crapauds, comme les chiens et les chats, et chez la faune sauvage, comme les serpents et les lézards. Il est capable de jeter sa sécrétion toxique à plus d'un mètre quand il est menacé, provoquant des douleurs extrêmes si elle rentre en contact avec les yeux. Des morts humaines ont été enregistrées après des ingestions d'œufs ou d'adultes. *B. marinus* est massif avec des pattes courtes. Les adultes peuvent mesurer jusqu'à 15cm de long et les têtards font entre 10 et 25 mm de longueur. *B. marinus* reste généralement sur la terre ferme, mais il est capable de tolérer des niveaux très élevés de salinité et il a besoin d'eau douce pour se reproduire. Il peut être trouvé dans des étangs, des jardins, des tuyaux de drainage, des débris, sous les tas de ciment et sous des maisons.

Noms communs: Aga-Kröte, bufo toad, bullfrog, cane toad, crapaud, giant American toad, giant toad, kwapp, macao, maco pempen, Maco toro, marine Toad, Suriname toad

17. [*Capra hircus*](#) (mammifère)  

La chèvre (*Capra hircus*) a été domestiquée il y a 10000 ans dans les régions montagneuses de l'Iran occidental. Ces herbivores ont un régime très divers et sont capables d'utiliser plus d'espèces de plantes que les autres espèces d'élevages. Les chèvres modifient les communautés végétales et la structure de la forêt et menacent les espèces de plantes vulnérables. La réduction de la végétation limite les possibilités d'abri pour les animaux indigènes et le surpâturage des communautés végétales indigènes entraîne la dégradation des écosystèmes. Les chèvres sauvages transmettent des maladies aux animaux indigènes. La faune indigène des îles est particulièrement sensible.

Noms communs: goat, Hausziege

18. [*Carcinus maenas*](#) (crustacean) 

Carcinus maenas is native to Europe and northern Africa and has been introduced to the USA, Australia and South Africa. It is a voracious food generalist and in some locations of its introduced range it has caused the decline of other crab and bivalve species.

Noms communs: European shore crab, green crab, strandkrabbe

19. [*Caulerpa taxifolia*](#) (algae) 

Caulerpa taxifolia is an invasive marine alga that is widely used as a decorative plant in aquaria. A cold-tolerant strain was inadvertently introduced into the Mediterranean Sea in wastewater from the Oceanographic Museum at Monaco, where it has now spread over more than 13,000 hectares of seabed.

Caulerpa taxifolia forms dense monocultures that prevent the establishment of native seaweeds and excludes almost all marine life, affecting the livelihoods of local fishermen.

Noms communs: caulerpa, killer alga, lukay-lukay, Schlauchalge, sea weed

20. **Cecropia peltata** (arbre) 🇺🇸 🇫🇷

Cecropia screeberiana est un arbre des régions néotropicales à croissance rapide et à courte durée de vie. Il a besoin de beaucoup de lumière et il envahit rapidement les zones perturbées, comme les trouées forestières. Indigène d'Amérique centrale, d'Amérique du Sud tropicale, ainsi que de quelques îles des caraïbes, il a été introduit en Malaisie, en Afrique et à Hawaii. Dans certaines régions, il peut remplacer ou rivaliser avec les espèces pionnières indigènes.

Noms communs: Ameisenbaum, faux-ricin, parasolier, pisse-roux, pumpwood, trumpet tree, yagrumo hembra

21. **Cercopagis pengoi** (crustacean) 🇺🇸

Cercopagis pengoi is a water flea native to the Ponto-Aralo-Caspian basin in South Eastern Europe, at the meeting point of the Middle East, Europe and Asia. It has spread from its native range and become invasive in some waterways of Eastern Europe and in the Baltic Sea. It has been introduced to the Great Lakes of North America, quickly becoming established and is now increasing its range and abundance. *Cercopagis pengoi* is a voracious predator and may compete with other planktivorous invertebrates and vertebrates. Through this competition, *Cercopagis pengoi* has the potential to affect the abundance and condition of zooplanktivorous fish and fish larvae. It also interferes with fisheries by clogging nets and fishing gear.

Noms communs: fishhook waterflea, Kaspischer Wasserfloh

22. **Cervus elaphus** (mammal) 🇺🇸

Red deer (*Cervus elaphus*) were introduced to several countries, including North and South America, New Zealand and Australia. In Argentina they have invaded several National parks, influencing native flora and fauna and possibly disrupting ecological processes. Of particular concern is possible competition with an endangered deer endemic to the southern parts of Chile and Argentina. They also compete with livestock.

Noms communs: cerf elaphe, Ciervo colorado, deer, Edelhirsch, elk, European red deer, red deer, Rothirsch, Rotwild, Rothirsch, wapiti

23. **Chromolaena odorata** (herbacée) 🇺🇸 🇫🇷

Chromolaena odorata est un arbuste pérenne à croissance rapide originaire d'Amérique du Sud et d'Amérique Centrale. Il a été introduit dans les régions tropicales d'Asie, d'Afrique et du Pacifique, où il est devenu envahissant. Il forme des peuplements denses qui empêchent l'installation des autres espèces de plantes. C'est un concurrent agressif qui peut avoir des effets allélopathiques. C'est aussi une mauvaise herbe pour l'agriculture et les plantations commerciales.

Noms communs: agonoï, bitter bush, chromolaena, hagonoy, herbe du Laos, huluhagonoi, jack in the bush, kesengsil, mahsrihsrihk, masigsig, ngesngesil, otuot, rumput belalang, rumput golkar, rumput putih, Siam weed, Siam-Kraut, triffid weed, wisolmatenrehwei

24. **Cinara cupressi** (insect) 🇺🇸

Cinara cupressi is a brownish soft-bodied insect classified as an aphid. It has been discovered around the world feeding on various trees from the following genus': *Cupressus*, *Juniperus*, *Thuja*, *Callitris*, *Widdringtonia*, *Chamaecyparis*, *Austrocedrus*, and the hybrid *Cupressocyparis*. *C. cupressi* sucks the sap from twigs causing yellowing to browning of the foliage on the affected twig. The overall effect on the tree ranges from partial damage to eventual death of the entire tree. This aphid has seriously damaged commercial and ornamental plantings of trees around the globe.

Noms communs: cypress aphid, cypress aphid, Zypressen Blattlaus

25. **Cinchona pubescens** (arbre) 🇺🇸 🇫🇷

Cinchona pubescens est un arbre forestier tropical très cultivé qui envahit différents types d'habitats forestiers et non-forestiers. Il se dissémine grâce à des graines dispersées par le vent et de manière végétative par des multiples gourmands qui peuvent se trouver à plusieurs mètres de distance de l'arbre original une fois qu'il est établi. *C. pubescens* recouvre et remplace la végétation indigène.

Noms communs: arbre à quinine, cascarilla, chinارينdenbaum, hoja ahumada, hoja de zambo, quinine, quinoa, quinquina, red cinchona, roja, rosada, Roter Chinarindenbaum

26. **Clarias batrachus** (fish) 🇺🇸

Clarias batrachus a voracious predator native to southeastern Asia has been introduced into many places for fish farming. Walking catfish, as it is commonly known (named for their ability to move over land), is an opportunistic feeder and can go for months without food. During a drought large numbers of walking catfish may congregate in isolated pools and consume other species. They are known to have invaded aquaculture farms, entering ponds where they prey on fish stocks. *C. batrachus* has been

described as a benthic, nocturnal, tactile omnivore that consumes detritus and opportunistically forages on large aquatic insects, tadpoles, and fish.

Noms communs: alimudan, cá trê trắng, cá trèn trang, clarias catfish, climbing perch, freshwater catfish, Froschwels, hito, htong batukan, ikan keling, ikan lele, Ito, kawatsi, keli, klarievvi som, koi, konnamonni, kug-ga, leleh, magur, mah-gur, mangri, marpoo, masarai, mungri, nga-khoo, pa douk, paltat, pantat, pla duk, pla duk dam, pla duk dan, pla duk nam jued, pla duk nam juend, Thai hito, Thailand catfish, trey andaing roueng, trey andeng, walking catfish, wanderwels, Yerivahlay

27. [Clidemia hirta](#) (arbuste)  

Dans ses régions d'introduction, l'arbuste envahissant *Clidemia hirta* est un problème pour les sous bois de forêt tropicale, où il envahit les trouées forestières, empêchant la régénération des plantes indigènes. La diffusion de *Clidemia hirta* a été corrélée aux perturbations du sol, particulièrement celles causées par le cochon sauvage, une autre espèce envahissante. Elle a un impact négatif sur les écosystèmes indigènes et dans l'archipel de Hawaï elle est difficile à contrôler. On craint des impacts similaires dans d'autres régions où elle a été introduite, comme dans diverses îles de l'océan Indien (Seychelles), la péninsule malaise et des parties de la Micronésie (Palau).

Noms communs: clidemia, clidémie hérissée, faux vatouk, Hirten-Schwarzmundgewaechs, kaurasiga, kaurasinga, kauresinga, Koster's curse, kui, kúí, mbona na mbulamakau, ndraunisinga, roinisinga, soap bush, soapbush, tabac-bœuf, vuti

28. [Coptotermes formosanus](#) (insect) 

Coptotermes formosanus is a subterranean termite with an affinity for damp places. Wherever there is wood (cellulose) and moisture there is the possibility that this species can inhabit that location.

Noms communs: Formosa termite, Formosan subterranean termite

29. [Cryphonectria parasitica](#) (fungus) 

Cryphonectria parasitica is a fungus that attacks primarily *Castanea* spp. but also has been known to cause damage to various *Quercus* spp. along with other species of hardwood trees. American chestnut, *C. dentata*, was a dominant overstorey species in United States forests, but now they have been completely replaced within the ecosystem. *C. dentata* still exists in the forests but only within the understorey as sprout shoots from the root system of chestnuts killed by the blight years ago. A virus that attacks this fungus appears to be the best hope for the future of *Castanea* spp., and current research is focused primarily on this virus and variants of it for biological control. Chestnut blight only infects the above-ground parts of trees, causing cankers that enlarge, girdle and kill branches and trunks.

Noms communs: chestnut blight, Edelkastanienkrebs

30. [Cyprinus carpio](#) (poisson)  

La carpe commune (*Cyprinus carpio*) a été introduite comme poisson d'alimentation et d'ornement dans les eaux douce tempérées à travers le monde. Elle est considérée comme une peste en raison de ses populations abondantes et de sa tendance à réduire la clarté de l'eau et à détruire et déraciner la végétation aquatique qui sert d'habitat à de nombreuses espèces.

Noms communs: carp, carpa, carpat, carpe, carpe, carpe commune, carpeau, carpo, cerpyn, ciortan, ciortanica, ciortocrap, ciuciulean, common carp, crap, crapcean, cyprinos, escarpo, Europäischer Karpfen, European carp, German carp, grass carp, grivadi, ikan mas, kapoor-e-maamoli, kapor, kapr obecný, karp, karp, karp, karp, karp, karp dziki a. sazan, karpa, karpar, karpe, Karpe, karpfen, karpfen, karpion, karppi, kerpaille, koi, koi carp, korop, krap, krapí, kyprinos, læderkarpe, lauk mas, leather carp, leekoh, lei ue, mas massan, mirror carp, olocari, pa nai, pba ni, pla nai, ponty, punjabe gad, rata pethiya, saran, Saran, sarmão, sazan, sazan baligi, scale carp, sharan, skælkarpe, soneri masha, spejlkarpe, sulari, suloi, tikure, trey carp samahn, trey kap, ulucari, weißfische, wild carp, wildkarpfen

31. [Dreissena polymorpha](#) (mollusc) 

Zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) are native to the Caspian and Black Seas. They are now established in the UK, Western Europe, Canada and the USA. They compete with zooplankton for food, thus affecting natural food webs. They also interfere with the ecological functions of native molluscs and cause great economic damage.

Noms communs: moule zebra, racicznica zmienna, zebra mussel, Zebra-Muschel

32. [Eichhornia crassipes](#) (plante aquatique)  

Originaire de l'Amérique du Sud, *Eichhornia crassipes* est l'une des pires plantes aquatiques envahissantes au monde. Ses belles et grandes fleurs pourpres et violettes font d'elle une plante ornementale très prisée pour les bassins. Aujourd'hui elle est présente dans plus de 50 pays sur cinq continents. La jacinthe d'eau croît très rapidement, avec des populations connues pour avoir doublé en moins de 12 jours. Les invasions par cette plante envahissante bloquent les voies d'eau, limitant ainsi le trafic maritime, et les activités de loisir comme la natation et la pêche. La jacinthe d'eau empêche aussi la lumière et l'oxygène de pénétrer dans l'eau et d'atteindre les plantes submergées. L'ombrage et le

recouvrement des plantes aquatiques indigènes réduit gravement la diversité biologique des écosystèmes aquatiques.

Noms communs: aguapé, bekabe kairanga, bung el ralm, bung el ralm, floating water hyacinth, jacinthe d'eau, jacinto de agua, jacinto-aquatico, jal khumbe, jal kumbhi, lechuguilla, lila de agua, lirio acuatico, mbekambekairanga, riri vai, wasserhyazinthe, water hyacinth, water orchid, wota haisin

33. [Eleutherodactylus coqui](#) (amphibian) 

Eleutherodactylus coqui is a relatively small tree frog native to Puerto Rico. The frogs are quite adaptable to different ecological zones and elevations. Their loud call is the main reason they are considered a pest. *E. coqui*'s mating call is its namesake, a high-pitched, two-note "co-qui" (ko-kee') which attains nearly 100 decibels at 0.5 metres. *E. coqui* have a voracious appetite and there is concern in Hawai'i, where it has been introduced, that *E. coqui* may put Hawai'i's endemic insect and spider species at risk and compete with endemic birds and other native fauna which rely on insects for food.

Noms communs: Caribbean tree frog, common coqui, Coqui, Puerto Rican treefrog

34. [Eriocheir sinensis](#) (crustacean) 

The Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) is a migrating crab which has invaded Europe and, more recently, North America. It contributes to the local extinction of native invertebrates and modifies habitats. As well as causing erosion by its intensive burrowing activity, the crab may cost fisheries and aquaculture industries several of hundreds of thousands of dollars per year by stealing bait and feeding on trapped fish. The female carries 250,000 to 1 million eggs and control strategies such as electrical screens have failed to prevent crab migration.

Noms communs: Chinese freshwater edible crab, Chinese mitten crab, chinesische wolhandkrab, chinesische wollhandkrabbe, crabe chinois, kinesisk ullhandskrabba, kinesiske uldhandskrabbe, kinijos krabans, kitajskij mokhnatorukij krab, krab welnstoreki, kraba welnstoreki, villasaksirapu

35. [Euglandina rosea](#) (mollusque)  

Originaire du sud-est des Etats-Unis, l'escargot prédateur, *Euglandina rosea*, a été introduit dans les îles des Océans Pacifique et Indien à partir des années 50 comme agent de lutte biologique contre une autre espèce exotique, l'escargot géant africain ([Achatina fulica](#)). Ce dernier fut introduit comme une source de nourriture pour les hommes, mais il est devenu un ravageur agricole. Toutefois, *Euglandina rosea* n'est pas un prédateur spécialisé et ne permet pas un contrôle efficace de *A. fulica*. En Polynésie française, *E. rosea*, a rapidement éliminé plusieurs espèces d'escargots indigènes. Le genre le plus touché par l'introduction d'*E. rosea* est celui des *Partula*, petits escargots arboricoles endémiques, qui ont évolué séparément les uns des autres dans des vallées isolées et qui présentaient une grande diversité. Plusieurs espèces de *Partula* ont été exterminées et aujourd'hui des survivants se rencontrent dans des zoos et dans la première réserve d'escargots au monde. Cette invasion par un agent de lutte biologique a causé une perte majeure de biodiversité.

Noms communs: cannibal snail, escargot carnivore de Floride, euglandine, Rosige Wolfsschnecke, rosy wolf snail

36. [Euphorbia esula](#) (herb) 

Native to Europe and temperate Asia, *Euphorbia esula* (leafy spurge) is found throughout the world, with the exception of Australia. This aggressive invader displaces native vegetation by shading and using up available water and nutrients, and by plant toxins that prevent the growth of other plants beneath it.

Noms communs: Esels-Wolfsmilch, leafy spurge, spurge, wolf's milk

37. [Fallopia japonica](#) (arbuste)  

Fallopia japonica est une herbacée pérenne originaire du Japon. Elle a été introduite en Europe et en Amérique du Nord comme plante ornementale. Elle est aussi utilisée pour stabiliser les sols, en particulier dans les zones côtières. Elle exige le plein soleil et elle se rencontre principalement dans les habitats humides, mais elle pousse également dans les terrains vagues, aux bords des routes et d'autres zones perturbées. Une fois établie, cette espèce forme des peuplements denses qui ombragent et remplacent tous les autres types de végétation déplaçant la flore et la faune indigène. Ses tiges et ses feuilles se décomposent lentement en hiver.

Noms communs: crimson beauty, donkey rhubarb, German sausage, huzhang, itadori, Japanese bamboo, Japanese fleece flower, Japanese knotweed, Japanese polygonum, kontiki bamboo, Mexican-bamboo, peashooter plant, renouée du Japon, reynoutria fleece flower, sally rhubarb

38. [Felis catus](#) (mammifère)  

Le chat (*Felis catus*) a été domestiqué en Méditerranée orientale il y a 3000 ans. Considérant la façon dont les chats sont estimés comme animaux de compagnie, il n'est pas surprenant qu'ils aient été depuis introduits par l'homme dans presque toutes les parties du monde. Prédateurs bien connus, les chats

menacent l'avifaune indigène et d'autres espèces animales, particulièrement dans les îles où les espèces indigènes se sont développées dans un relatif isolement des prédateurs.

Noms communs: cat, domestic cat, feral cat, Hauskatze, house cat, poti, pusiniveikau

39. **Gambusia affinis** (poisson)  

Gambusia affinis est un petit poisson d'apparence inoffensive, originaire des eaux douces de l'est et du sud des Etats-Unis. Il est devenu un problème dans de nombreux cours d'eau à travers le monde, suite à son introduction, le siècle dernier, comme agent de lutte biologique contre les moustiques. En général, il s'est avéré moins efficace que les prédateurs indigènes de moustiques. Grand prédateur, ce poisson mange les oeufs des poissons à valeur commerciale et s'attaque et met en péril les espèces indigènes rares de poissons et d'invertébrés. Une fois établie, la gambusie est très difficile à éliminer, aussi le meilleur moyen de réduire ses effets est de prévenir à l'avenir sa propagation. L'une des principales causes de sa propagation persiste, à savoir son introduction intentionnelle par les agences de lutte contre les moustiques. *G. affinis* est étroitement apparenté à [G. holbrooki](#), qui a été autrefois classé comme une sous-espèce. Leur apparence, leur comportement et leur impacts sont presque identiques et ils peuvent donc être traités de la même façon en ce qui concerne les techniques de contrôle. Les mentions de *G. affinis* en Australie font en réalité références en réalité à *G. holbrooki*.

Noms communs: Barkaleci, Dai to ue, Gambusia, Gambusie, Gambusino, Gambuzia, Gambuzia pospolita, Gambuzija, guayacon mosquito, Isdang canal, Kadayashi, Koboldkärpfling, Kounouopsaro, Live-bearing tooth-carp, Mosquito fish, Obyknovennaya gambuziya, pez mosquito, San hang ue, Silberkärpfling, tes, Texaskärpfling, Topminnow, western mosquitofish, Western mosquitofish

40. **Hedychium gardnerianum** (herbacée)  

Cette plante ornementale voyante pousse jusqu'à plus d'un mètre de hauteur dans les climats humides et elle peut se rencontrer du niveau de la mer jusqu'à une altitude de 1700 mètres. Elle déplace les plantes indigènes, elle forme des colonies denses et étouffe la végétation du sous-bois. Elle peut également obstruer les bords des cours d'eau, modifiant le débit de l'eau. Elle est dispersée par les oiseaux sur de courtes distances et par l'homme sur de longues distances (avec les déchets de jardin ou par l'industrie horticole). Même de petits fragments de racines repoussent, ce qui la rend difficile à contrôler.

Noms communs: awapuhi kahili, cevuga dromodromo, conteira, Girlandenblume, Jin jiang hua, kahila garland-lily, kahili, kahili ginger, kopi, longose, sinter weitahta, sunkevara, wild ginger

41. **Herpestes javanicus** (mammifère)  

Prédateur opportuniste et vorace, la petite mangouste Indienne est originaire des régions allant de l'Iran à l'Inde, en passant par la Birmanie et la péninsule Malaise. Elle a été introduite à l'île Maurice, à Fiji, aux Antilles et à Hawaï à la fin du 18^e siècle pour lutter contre les rats. Malheureusement, cette tentative précoce de lutte biologique a eu des impacts désastreux. Les faunes indigènes insulaires qui ont évolué sans la menace d'un mammifère prédateur rapide n'étaient pas capables de se défendre contre la mangouste. Elle a causé l'extinction locale de plusieurs espèces indigènes d'oiseaux, de reptiles et d'amphibiens et elle menace d'autres espèces, y compris le lapin d'Amami (*Pentalagus furnessi*), espèce rare du Japon. La petite mangouste indienne est aussi un vecteur de la rage.

Noms communs: beji, Kleiner Mungo, mangouste, mangus, mweyba, newla, small Indian mongoose

42. **Hiptage benghalensis** (arbuste)  

Hiptage benghalensis est originaire d'Inde, d'Asie du Sud-Est et des Philippines. Le nom, *Hiptage*, est dérivé du grec "hiptamai" qui signifie "à la volée" et se réfère à son unique fruit constitué de trois ailes connu sous le nom de "samara". En raison de la remarquable belle forme de ses fleurs, elle est souvent cultivée comme plante ornementale dans les jardins tropicaux. Elle est connue comme une mauvaise herbe dans les forêts tropicales d'Australie et comme très envahissante sur l'île Maurice et à La Réunion, où elle pousse dans les forêts sèches de basse altitude, formant des fourrés impénétrables et étouffant la végétation indigène.

Noms communs: adimurte, adirganti, atimukta, benghalen-Liane, chandravalli, haldavel, hiptage, kampti, kamuka, liana papillon, liane cythère, liane de cerf, liane du Bengale, liane fleur d'orange, madhalata, madhavi, Madhavi, Madhavi, madhumalati, madmalati, ragotpiti, vasantduti

43. **Imperata cylindrica** (graminée)  

Imperata cylindrica est considérée comme l'une des 10 pires mauvaises herbes du monde et elle a été signalée par 73 pays comme un problème pour 35 types de cultures. C'est l'une des espèces colonisatrices les plus nuisibles des sols dégradés des forêts tropicales humides, et elle envahit souvent les zones de culture itinérantes abandonnées. En Asie du Sud-Est, les prairies d' *I. cylindrica* sont globalement considérées comme des terrains vagues improductifs et sa surface totale dans les tropiques (prairies naturelles incluses) est estimée à 2,000,000 km².

Noms communs: alang-alang, blady grass, Blutgras, carrizo, cogon grass, gi, impérata cylindrique, japgrass, kunai, lalang, ngi, paille de dys, paillette, satintail, speargrass

44. [Lantana camara](#) (arbuste)  

Lantana camara est une mauvaise herbe dont il existe quelques 650 variétés dans plus de 60 pays ou groupes d'îles. Elle est naturalisée et en expansion dans de nombreuses régions du monde, souvent à la suite de défrichements de forêts pour le bois de construction ou l'agriculture. Elle a des impacts importants sur l'agriculture aussi bien que sur les écosystèmes naturels. Les plantes peuvent pousser individuellement ou en bosquets denses au détriment des espèces les plus intéressantes. Dans les forêts perturbées, elle peut devenir la principale espèce du sous-bois, perturbant la succession et diminuant la biodiversité. Sur certains sites, les invasions ont été tellement fortes qu'elles ont complètement stoppé la régénération de la forêt tropicale pendant trois décennies. Ses qualités allélopathiques peuvent réduire la vigueur des plantes à proximité et réduire la productivité dans les vergers. Elle a fait l'objet de tentatives de contrôle biologique depuis un siècle, mais elle pose encore des problèmes majeurs dans de nombreuses régions.

Noms communs: ach man, angel lips, ayam, big sage, blacksage, bunga tayi, cambara de espinto, cuasquito, flowered sage, lantana, lantana wildtype, largeleaf lantana, latora moa, pha-ka-krong, prickly lantana, shrub verbean, supirrosa, Wandelroeschen, white sage, wild sage

45. [Lates niloticus](#) (fish) 

The Nile perch (*Lates niloticus*) is a large freshwater fish. Also known as capitaine, mputa or sangara, it can grow up to 200kg and two metres in length. It was introduced to Lake Victoria in 1954 where it has contributed to the extinction of more than 200 endemic fish species through predation and competition for food.

Noms communs: chengu, mbuta, nijlbaars, nilaborre, Nilbarsch, Nile perch, perca di nilo, perche du nil, persico del nilo, sangara, Victoria perch, victoriabaars, victoriabarsch

46. [Leucaena leucocephala](#) (arbre)  

Leucaena leucocephala est un «arbre de conflit» largement promu pour la production de fourrage tropical et le reboisement alors qu'en même temps il se propage naturellement et qu'il est largement signalé comme envahissant. Cet arbre sans épine peut former des bosquets denses monospécifiques et il est difficile à éradiquer une fois établi. Il rend inutilisable et inaccessible de vastes zones, et menace les plantes indigènes.

Noms communs: acacia palida, aroma blanca, balori, bo chet, cassis, false koa, faux mimosa, faux-acacia, fua pepe, ganitnityuwan tangantan, graines de lin, guaje, guaslim, guaxin, huaxin, horse/wild tamarind, huaxin, ipil-ipil, jumbie bean, kan thin, kanthum thect, koa haole, koa-haole, kra thin, kratin, lamtoro, lead tree, leucaena, Leucaena, liliak, lino criollo, lopa samoa, lusina, nito, pepe, rohbohtin, schemu, siale mohemohe, subabul, tamarindo silvestre, tangantangan, tangan-tangan, te kaitetua, telentund, tuhngantuhngan, uaxim, vaivai, vaivai dina, vaivai ni vavalangi, wild mimosa, wild tamarind, zarçilla

47. [Ligustrum robustum](#) (arbuste)  

Ligustrum robustum subsp. *walkeri* est une espèce très envahissante de l'archipel des Mascareignes dans l'océan Indien. Elle a été introduite dans l'île Maurice il y a plus d'un siècle et dans l'île de la Réunion dans les années 1960. Sur les îles océaniques envahies, elle perturbe la régénération de la forêt primaire et menace la biodiversité végétale indigène. Sa forte production de fruits due à l'absence d'ennemis naturels dans les régions envahies a été citée comme une des raisons de son fort pouvoir envahissant.

Noms communs: bora-bora, Ceylon Privet, Sri Lankan privet, tree privet, troene

48. [Linepithema humile](#) (insect) 

Linepithema humile (the Argentine ant) invades sub-tropical and temperate regions and is established on six continents. Introduced populations exhibit a different genetic and social makeup that confers a higher level of invasiveness (due to an increase in co-operation between workers in the colony). This allows the formation of fast growing, high density colonies, which place huge pressures on native ecosystems. For example, *Linepithema humile* is the greatest threat to the survival of various endemic Hawaiian arthropods and displaces native ant species around the world (some of which may be important seed-dispersers or plant-pollinators) resulting in a decrease in ant biodiversity and the disruption of native ecosystems.

Noms communs: Argentine ant, Argentinische Ameise, formiga-argentina

49. [Lymantria dispar](#) (insect) 

Lymantria dispar commonly known as the Asian gypsy moth (AGM), is one of the most destructive pests of shade, fruit and ornamental trees throughout the northern hemisphere. It is also a major pest of hardwood forests. AGM caterpillars cause extensive defoliation, leading to reduced growth or even mortality of the host tree. Their presence can destroy the aesthetic beauty of an area by defoliating and killing the trees and covering the area with their waste products and silk. Scenic areas that were once

beautiful have become spotted with dead standing trees where AGM has invaded. Also, urticacious hairs on larvae and egg masses cause allergies in some people.

Noms communs: Asian gypsy moth, erdei gyapjaslepke, gubar, gypsy moth, lagarta peluda, limantria, løVstraesnonne, maimai-ga, mniska vel'kohlava, Schwammspinner, spongieuse

50. [Lythrum salicaria](#) (herbacée) 

Lythrum salicaria est une herbe pérenne dressée avec une tige ligneuse et les feuilles tourbillonnées. Elle a la capacité de se reproduire de manière prolifique à la fois par la dispersion des graines et par multiplication végétative. Tous les zones humides ensoleillées ou partiellement ombragées sont vulnérables à l'invasion de *L. salicaria*, mais les zones perturbées avec des sols exposés accélèrent le processus en offrant des conditions idéales pour la germination des graines.

Noms communs: Blutweiderich, purple loosestrife, rainbow weed, salicaire, spiked loosestrife

51. [Macaca fascicularis](#) (mammal) 

Macaca fascicularis (crab-eating macaque) are native to south-east Asia and have been introduced into Mauritius, Palau (Angaur Island), Hong Kong and parts of Indonesia (Tinjil Island and Papua). They are considered to be invasive, or potentially invasive, throughout their introduced range and management may be needed to prevent them from becoming invasive in areas such as Papua and Tinjil. They are opportunistic mammals and reach higher densities in degraded forest areas, including habitats disturbed by humans. They have few natural predators in their introduced ranges. *Macaca fascicularis* impact native biodiversity by consuming native plants and competing with birds for fruit and seed resources. In addition, they facilitate the dispersal of seeds of exotic plants. *Macaca fascicularis* may also impact on the commercial sector through their consuming of agriculturally important plant species and damaging of crops.

Noms communs: crab-eating macaque, long-tailed macaque

52. [Melaleuca quinquenervia](#) (arbre) 

Melaleuca quinquenervia est un grand arbre originaire de l'est de l'Australie, de Nouvelle-Guinée et de Nouvelle-Calédonie. Il peut atteindre 20 à 25 m de hauteur et son écorce est blanchâtre ou d'un brun pâle, en plusieurs couches et se détache de l'arbre. Un grand nombre de graines est stocké dans les capsules et libéré après le passage du feu ou quand d'autres perturbations se produisent. Les graines sont dispersées par le vent et l'eau et les jeunes plants peuvent former des peuplements monospécifiques presque impénétrables. Dans les Everglades en Floride et les régions voisines, où cet arbre a été largement planté pour l'aménagement et pour l'assèchement des marais, il forme d'immenses forêts, éliminant virtuellement les autres types de végétation. A Hawaï, cette espèce est naturalisée dans la forêt mésique perturbée et elle envahit les marécages et d'autres zones humides entre 100 et 1000 m.

Noms communs: cajeput, Mao-Holzrose, melaleuca, niaouli, paper bark tree, punk tree

53. [Miconia calvescens](#) (arbre) 

Originaire de l'Amérique du Sud, le miconia est un arbre très décoratif qui fut introduit en 1937 au jardin botanique de l'île de Tahiti. Ses larges feuilles rouges et pourpres sont d'un fort attrait pour les jardiniers. Il a été répandu dans la nature par les oiseaux qui se nourrissent de son fruit et, aujourd'hui, plus de la moitié de l'île est fortement envahie par cette espèce. Ses racines superficielles et tentaculaires provoquent des affaissements de terrain. Il est devenu l'arbre dominant de la canopée de la forêt sur de larges superficies de l'île de Tahiti, ombrageant complètement le sous bois. La communauté scientifique estime que plusieurs espèces endémiques de l'île sont menacées d'extinction suite à la destruction de l'habitat naturel causée par cet arbre. Le *Miconia* a été introduit dans d'autres îles du Pacifique, y compris Hawaï où il fut introduit comme arbre ornemental dans les années 60. Depuis, on peut trouver cet arbre dans plusieurs endroits des îles d'Hawaï. Cet arbre est encore vendu dans les tropiques comme arbre ornemental.

Noms communs: bush currant, cancer vert, miconia, purple plague, velvet tree

54. [Micropterus salmoides](#) (poisson) 

En raison de sa qualité sportive attractive et de sa chair savoureuse, *Micropterus salmoides* a été largement introduit dans le monde entier. Dans certains endroits *M. salmoides* a affecté les populations de petits poissons indigènes par prédation, aboutissant parfois à la diminution ou à l'extinction de ces espèces. Son régime alimentaire comprend des poissons, des écrevisses, des amphibiens et des insectes.

Noms communs: achigã, achigan, achigan à grande bouche, American black bass, bas dehanbozorg, bas wielkogeby, bass, bass wielkgebowy, biban cu gura mare, black bass, bolsherotnyi amerikanskii tscherny okun', bol'sheroty chernyi okun', buraku basu, feketé sügér, forelbaars, forellenbarsch, green bass, green trout, großmäuliger Schwarzbarsch, huro, isobassi, khorshid Mahi Baleh Kuchak, lakseabbor, largemouth bass, largemouth black bass, lobina negra, lobina-truche, northern largemouth bass, okounek pstruhový, okuchibasú, Öringsaborre, Ørredaborre, ostracka, ostracka lososovitá, perca

americana, perche d'Amérique, perche noire, perche truite, persico trota, stormundet black bass, stormundet ørredaborre, tam suy lo ue, zwarte baars

55. [Mikania micrantha](#) (liane) 

Mikania micrantha est une plante pérenne grimpante connue pour son développement vigoureux et envahissant. Elle se développe mieux là où la fertilité, la matière organique, l'humidité du sol et de l'air sont élevées et elle nuit ou tue les autres plantes en coupant l'accès à la lumière et en les étouffant. Originaire d'Amérique centrale et du Sud, elle a été introduite en Inde après la seconde guerre mondiale pour camoufler les aérodromes et c'est l'une des mauvaises herbes les plus répandues et problématiques dans la région du Pacifique. Ses graines sont dispersées par le vent et aussi en se collant sur les vêtements ou les poils.

Noms communs: American rope, Chinese creeper, Chinesischer Sommerefeu, fue saina, liane américaine, mile-a-minute weed, ovaova, usuvanua, wa bosucu, wa mbosuthu, wa mbosuvu, wa mbutako, wa ndamele

56. [Mimosa pigra](#) (arbuste) 

Mimosa pigra est une mauvaise herbe envahissante, surtout dans certaines parties de l'Asie du Sud-Est et de l'Australie. Elle se reproduit par l'intermédiaire de cosques flottantes qui peuvent se propager sur de longues distances dans les eaux de crue. *M. pigra* peut se propager à travers des prairies naturelles jusqu'aux plaines inondables et les pâturages, les transformant en garrigue improductive qui ne peuvent accueillir qu'une faible biodiversité. En Thaïlande, *M. pigra* bloque les systèmes d'irrigation des rizières, ce qui réduit le rendement des cultures et nuit à l'agriculture de subsistance. Au Vietnam, elle a envahi des écosystèmes uniques dans des aires protégées, menaçant la biodiversité des prairies saisonnièrement inondées.

Noms communs: bashful plant, catclaw, catclaw mimosa, chi yop, columbi-da-lagoa, eomrmidera, espino, giant sensitive plant, giant sensitive tree, giant trembling plant, juquiri, juquiri grand, kembang gajah, mai yah raap yak, maiyarap ton, malicia-de-boi, mimosa, mimosa, mimose, putri malu, semalu gajah, sensitiva, trinh nu nhon, una de gato, xao ho

57. [Mnemiopsis leidyi](#) (comb jelly) 

The ctenophore, *Mnemiopsis leidyi*, is a major carnivorous predator of edible zooplankton (including meroplankton), pelagic fish eggs and larvae and is associated with fishery crashes. Commonly called the comb jelly or sea walnut, it is indigenous to temperate, subtropical estuaries along the Atlantic coast of North and South America. In the early 1980s, it was accidentally introduced via the ballast water of ships to the Black Sea, where it had a catastrophic effect on the entire ecosystem. In the last two decades of the twentieth century, it has invaded the Azov, Marmara, Aegean Seas and recently it was introduced into the Caspian Sea via the ballast water of oil tankers.

Noms communs: American comb jelly, comb jelly, comb jellyfish, Rippenqualle, sea gooseberry, sea walnut, Venus' girdle, warty comb jelly

58. [Mus musculus](#) (mammifère) 

Mus musculus a probablement une distribution mondiale plus importante que n'importe quel autre mammifère en dehors de l'homme. Son expansion géographique a été facilitée par sa relation commensale avec les hommes qui remontent à au moins 8000 ans. Elles font des dégâts considérables, en détruisant les cultures et en consommant et/ou contaminant les produits alimentaires destinés à la consommation. Elles sont des reproducteurs prolifiques avec parfois des explosions de population atteignant la dimension de "peste". Elles sont également impliquées dans l'extinction d'espèces indigènes dans les écosystèmes qu'elles ont envahies et colonisées. Un facteur important du succès de *M. musculus* est son comportement plastique induit par le découplage de la génétique et du comportement. Cela permet à *M. musculus* de s'adapter rapidement et de survivre et de prospérer dans de nouveaux environnements.

Noms communs: biganuelo, field mouse, Hausmaus, house mouse, kiore-iti, raton casero, souris commune, wood mouse

59. [Mustela erminea](#) (mammal) 

Mustela erminea (the stoat) is an intelligent, versatile predator specialising in small mammals and birds. It is fearless in attacking animals larger than itself and adapted to surviving periodic shortages by storage of surplus kills. In New Zealand it is responsible for a significant amount of damage to populations of native species.

Noms communs: ermine, ermine, Grosswiesel, Hermelin, hermine, short-tailed weasel, short-tailed weasel, stoat

60. [Myocastor coypus](#) (mammal) 

Myocastor coypus (coypu) is a large semi-aquatic rodent which originated from South America. However, due to escapes and releases from fur farms there are now large feral populations in North

America, Europe and Asia. Their burrows penetrate and damage river banks, dykes and irrigation facilities. *Myocastor coypus*' feeding methods lead to the destruction of large areas of reed swamp. Habitat loss caused by *coypus* impacts plant, insect, bird and fish species.

Noms communs: Biberratte, coipù, coypu, nutria, ragondin, ratão-do-banhado, Sumpfbiber

61. [Morella faya](#) (shrub) 

Morella faya, commonly called the fire tree, is a native to the Azores, Madeira Islands and the Canary Islands. It has been introduced to several places including Hawaii, New Zealand and Australia. This fast growing tree, whose dispersal is facilitated by introduced frugivorous birds, is capable of rapidly forming dense stands and has a negative effect on the recruitment and persistence of native plant species.

Noms communs: candleberry myrtle, fayatree, Feuerbaum, fire tree, firebush

62. [Mytilus galloprovincialis](#) (mollusc) 

Mytilus galloprovincialis (blue mussel or the Mediterranean mussel) is native to the Mediterranean coast and the Black and Adriatic Seas. It has succeeded in establishing itself at widely distributed points around the globe, with nearly all introductions occurring in temperate regions and at localities where there are large shipping ports (Branch and Stephanni 2004). Ship hull fouling and transport of ballast water have been implicated in its spread and its impact on native communities and native mussels has been suggested by a number of studies and observations (Carlton 1992; Robinson and Griffiths 2002; Geller 1999).

Noms communs: bay mussel, blue mussel, Mediterranean mussel, Mittelmeer-Miesmuschel

63. [Oncorhynchus mykiss](#) (poisson) 

Oncorhynchus mykiss est l'une des espèces de poissons les plus largement introduites dans le monde. Originaire de l'ouest de l'Amérique du Nord, de l'Alaska jusqu'à la péninsule de Baja, la truite arc-en-ciel a été introduite dans de nombreux pays pour le sport et l'aquaculture commerciale. Cette espèce est très appréciée pour la pêche sportive, avec des approvisionnements réguliers dans de nombreux endroits où les populations sauvages ne peuvent pas soutenir la pression de pêche. Des inquiétudes sur les effets de l'introduction des truites ont été soulevées dans certaines régions, car elles peuvent affecter les poissons et les invertébrés indigènes par prédation et compétition.

Noms communs: Alabalik, Alabalik türü, Amerikaniki Pestrofa, Aure, Baiser, Baja California rainbow trout, Brown trout, Coast angel trout, Coast rainbow trout, Coast range trout, Dagova pastarva, Forel rajduzhna, Forelle, Hardhead, Kamchatka steelhead, Kamchatka trout, Kamloops, Kamloops trout, Kirjolohi, K'wsech, Lord-fish, Masu, Nijimasu, Orret, Pastrva, Pestropha, pstrag teczowy, Pstrag teczowy, Pstruh duhový, Pstruh dúhový, rainbow trout, Rainbow trout, Redband, redband trout, Regenbogenforelle, Regenbogenforelle, Regenboogforel, Regnbåge, Regnbågslax, Regnbogasilungur, Regnbueørred, Regnbueørret, Salmon trout, Salmones del Pacífico, Silver trout, Stahlkopfforelle, Stålhovedørred, Steelhead, steelhead trout, Steelhead trout, Summer salmon, Sxew'k'em, Trofta ylberi, Trofte ylberi, Trota, Trota iridea, Trucha, trucha arco iris, Trucha arco iris, Trucha arcoiris, truite arc-en-ciel, Truta, Truta-arco-iris, Urriöi

64. [Ophiostoma ulmi sensu lato](#) (fungus) 

Dutch Elm disease (DED) is a wilt disease caused by a pathogenic fungus disseminated by specialised bark beetles (Brasier, 2000). There have been two destructive pandemics of the disease in Europe and North America during the last century, caused by the successive introduction of two fungal pathogens: *Ophiostoma ulmi* and *Ophiostoma novo-ulmi*, the latter much more aggressive. The vector is represented by bark beetles, various different species of scolyts living on elm trees. These beetles breed under the bark of dying elm trees. The young adults fly from the DED infected pupal chambers to feed on healthy elm trees. As a consequence, spores of the fungus carried on the bodies of these beetles are deposited in healthy plant tissue. *Ophiostoma ulmi sensu lato* can also spread via root grafts.

Noms communs: dutch elm disease, Schlauchpilz

65. [Opuntia stricta](#) (arbuste) 

Opuntia stricta est un cactus originaire d'Amérique centrale qui peut atteindre 2m de hauteur. Cet arbuste épineux préfère les habitats tels que les pentes rocheuses, les berges des cours d'eau et les zones urbaines. On l'a considéré comme la pire des mauvaises herbes jamais vu en Australie. *O. stricta* est également envahissant en Afrique du Sud, où des options biologiques sont actuellement à l'étude pour contrôler le problème.

Noms communs: Araluen pear, Australian pest pear, chumbera, common pest pear, common prickly pear, erect prickly pear, Feigenkaktus, gayndah pear, nopal estricto, pest pear of Australia, sour prickly pear, spiny pest pear, suurturksvy

66. [Oreochromis mossambicus](#) (poisson) 

Oreochromis mossambicus a été répandu dans le monde entier suite à des introductions pour l'aquaculture. Les populations de cette espèce établies dans la nature sont le résultat de libérations intentionnelles ou d'évasions de fermes piscicoles. *O. mossambicus* est omnivore et se nourrit de presque tout, des algues jusqu'aux insectes.

Noms communs: blou kurper, common tilapia, fai chau chak ue, Java tilapia, kawasuzume, kurper bream, malea, mojarra, mosambik-maulbrüter, Mozambikskaya tilapiya, Mozambique cichlid, Mozambique mouth-breeder, Mozambique mouthbrooder, Mozambique tilapia, mphende, mujair, nkobue, tilapia, tilapia del Mozambique, tilapia du Mozambique, tilapia mossambica, tilapia mozambica, trey tilapia khmao, weißkehlbarsch, wu-kuo yu

67. [**Oryctolagus cuniculus**](#) (mammifère)  

Originaire d'Europe méridionale et d'Afrique du Nord, le lapin, *Oryctolagus cuniculus*, a été introduit sur tous les continents, sauf l'Antarctique et l'Asie. Souvent, il a été introduit par les sociétés d'acclimatation. Dans de nombreux pays, les lapins causent de graves érosions des sols par le surpâturage et le creusement des terriers.

Noms communs: Europäisches Wildkaninchen, kaninchen, lapin, rabbit

68. [**Pheidole megacephala**](#) (insecte)  

Pheidole megacephala est l'une des pires espèces envahissantes au monde. Sans doute originaire d'Afrique australe, elle est maintenant présente dans toutes les zones tempérées et tropicales du monde. Il s'agit d'une grave menace pour la biodiversité car elle exclut la faune invertébrée indigène, c'est un ravageur agricole car elle consomme les graines et facilite l'installation d'insectes phytophages qui réduisent les rendements des cultures, et c'est un ravageur domestique qui est connu pour détériorer les installations d'irrigation, les câblages téléphoniques et les fils électriques.

Noms communs: big-headed ant, brown house-ant, coastal brown-ant, Grosskopfameise, lion ant

69. [**Phytophthora cinnamomi**](#) (fungus) 

Phytophthora cinnamomi is a widespread soil-borne pathogen that infects woody plants causing root rot and cankering. It needs moist soil conditions and warm temperatures to thrive, but is particularly damaging to susceptible plants (e.g. drought stressed plants in the summer). *Phytophthora cinnamomi* poses a threat to forestry, ornamental and fruit industries, and infects over 900 woody perennial species. Diagnostic techniques are expensive and require expert identification. Prevention and chemical use are typically used to lessen the impact of *Phytophthora cinnamomi*.

Noms communs: cinnamon fungus, green fruit rot, heart rot, jarrah dieback, phytophthora crown and root rot, *Phytophthora* Faeule der Scheinzypresse, phytophthora root rot, seedling blight, stem canker, wildflower dieback

70. [**Pinus pinaster**](#) (arbre)  

Pinus pinaster, originaire du bassin méditerranéen, a été planté dans les régions tempérées, dans et en dehors de son aire naturelle, pour un large éventail de raisons. Partout où il est planté, cet arbre se régénère facilement et dans de nombreux endroits, il envahit les brousses, les forêts et les prairies. Il forme des bosquets denses qui éliminent les plantes indigènes, modifient les régimes des feux et les propriétés hydrologiques, et altèrent les habitats de beaucoup d'animaux.

Noms communs: cluster pine, maritime pine

71. [**Plasmodium relictum**](#) (micro-organism) 

The protozoa, *Plasmodium relictum*, is one of the causative parasites of avian malaria and may be lethal to species which have not evolved resistance to the disease (e.g. penguins). It may be devastating to highly susceptible avifauna that has evolved in the absence of this organism, such as native Hawaiian birds. The parasite cannot be transmitted directly from one bird to another, but requires a mosquito to move from one bird to another. In Hawaii, the mosquito that transmits *Plasmodium relictum* is the common house mosquito, *Culex quinquefasciatus*. Passerine birds are the most common victims of avian malaria.

Noms communs: avian malaria, paludisme des oiseaux, Vogelmalaria

72. [**Platydemus manokwari**](#) (flatworm) 

Platydemus manokwari is a predatory flatworm that threatens endemic gastropods such as rare Pacific Island snails. Invertebrates are highly under-represented in conservation research and there exists a lack of basic biological knowledge about most invertebrate fauna. To avoid an extinction crisis these issues need to be addressed and more education is needed about the importance of invertebrates (such as non-marine molluscs) and their role as a major component of global genetic biodiversity.

Noms communs: Flachwurm, flatworm

73. [**Pomacea canaliculata**](#) (mollusc) 

Pomacea canaliculata is a freshwater snail with a voracious appetite for water plants including lotus, water chestnut, taro and rice. Introduced widely from its native South America by the aquarium trade

and as a source of human food, it is a major crop pest in south east Asia (primarily in rice) and Hawaii (taro) and poses a serious threat to many wetlands around the world through potential habitat modification and competition with native species.

Noms communs: apple snail, channeled apple snail, Gelbe Apfelschnecke, golden apple snail, golden kuhol, miracle snail

74. [Corbula amurensis](#) (mollusc) 

The suspension-feeding clam *Corbula amurensis* is native to Japan, China and Korea in tropical to cold temperate waters. Known as the Asian or Chinese clam, it has been designated as a major biological disturbance with significant ecological consequences in the San Francisco Bay area of California where large populations have become established.

Noms communs: Amur river clam, Amur river corbula, Asian bivalve, Asian clam, brackish-water corbula, Chinese clam, marine clam, Nordpazifik-Venusmuschel, Numakodaki

75. [Prosopis glandulosa](#) (tree)

Prosopis glandulosa (mesquite) is a perennial, woody, deciduous shrub or small tree. It forms impenetrable thickets that compete strongly with native species for available soil water, suppress grass growth and may reduce understory species diversity.

Noms communs: honey mesquite, mesquite, Mesquite-Busch, Texas mesquite

76. [Psidium cattleianum](#) (arbuste)  

Originaire du Brésil et prisé pour son fruit comestible, *Psidium cattleianum* s'est naturalisé en Floride, à Hawaii, en Polynésie Tropicale, dans l'Île de Norfolk et à l'Île Maurice. *P. cattleianum* pousse sous forme de massifs qui bloquent la lumière pour la végétation indigène des forêts tropicales. A l'Île Maurice, *P. cattleianum* a eu un effet dévastateur sur les habitats indigènes, et cet arbuste est considéré comme la pire des plantes envahissantes à Hawaii où il a envahi divers espaces naturels. Se nourrissant de son fruit, le cochon sauvage ([Sus scrofa](#)) sert d'agent propagateur de ses graines. En retour, *P. cattleianum* fournit des conditions favorables aux cochons sauvages, favorisant ainsi davantage la dégradation de l'habitat.

Noms communs: cattley guava, cherry guava, Chinese guava, Erdbeer-Guave, gargoulette, gouvayier, goyave de Chine, kuaipa, ngguava, purple strawberry guava, strawberry guava, tuava tinito, waiawi

77. [Pueraria montana var. lobata](#) (vine, climber) 

Pueraria montana var. lobata is a rope-like semi-woody leguminous vine with a twining and trailing growth habit that can form dense infestations covering the ground and trees. It is reported to infest about 2 to 3 million hectares in the Eastern U.S. and results in estimated losses of US\$500 million per year in land productivity and control costs. It inhabits temperate zones, or higher altitudes in the tropics and can be found growing in almost all eco-types from the driest flatwoods to the margins of permanent bodies of water, but not in periodically flooded soils.

Noms communs: kudzu, kudzu vine, Kudzu-Kletterwein

78. [Pycnonotus cafer](#) (oiseau)  

Pycnonotus cafer est un oiseau bruyant et grégaire qui se distingue par une tache pourpre remarquable au-dessous de la base de la queue. Agressif, il chasse les autres espèces d'oiseaux et il peut aussi contribuer à répandre les graines d'autres espèces envahissantes. Il s'agit d'un ravageur agricole qui détruit les fruits, les fleurs, les haricots, les tomates et les petits pois. Son aire d'origine va du Pakistan jusqu'au sud-ouest de la Chine et il a été introduit dans de nombreuses îles du Pacifique, où il a causé de graves problèmes en s'attaquant aux cultures de fruits et de légumes, ainsi qu'au nectar, aux graines et aux bourgeons.

Noms communs: bulbul à ventre rouge, bulbul cafre, red-vented bulbul, Rußbülbül

79. [Rana catesbeiana](#) (amphibian) 

Rana catesbeiana (the North American bullfrog), has been widely distributed via aquaculture and the aquarium trade. It is one of the most frequently cultivated edible frogs world-wide. Primary concerns are competition with, and predation upon, native herpetofauna.

Noms communs: bullfrog, grenouille taureau, North American bullfrog, Ochsenfrosch, rana toro

80. [Rattus rattus](#) (mammifère)  

Originaire du sous-continent indien, *Rattus rattus* s'est maintenant répandu à travers le monde entier. Le Rat noir est très répandu dans les forêts et les bois mais il peut également se rencontrer à l'intérieur et autour des bâtiments. Il peut manger et gâcher presque tout ce qui est comestible. *R. rattus* est l'espèce de rat la plus souvent associée aux chutes catastrophiques des populations d'oiseaux insulaires. Il est très agile et fréquente souvent la cime des arbres pour se nourrir et y nicher dans des amas de feuilles et de brindilles.

Noms communs: black rat, blue rat, bush rat, European house rat, Hausratte, roof rat, ship rat

81. [Rinderpest virus](#) (micro-organisme)  

Le virus "Rinderpest" est un morbillivirus à l'origine de la peste bovine, une maladie virale hautement mortelle des bovins domestiques, des buffles et des yacks. Il affecte aussi les ovins, les caprins, certaines races de porcs et une grande variété d'espèces sauvages. Bien que les hommes ne soient pas sensibles à la peste bovine, la famine ravage les populations humaines qui dépendent des bovins et des buffles pour leur nourriture et subsistance. Des vaccinations de masse au cours du siècle dernier, ont fortement réduit les foyers de peste bovine. Le Programme mondial d'éradication de la peste bovine (GREP), qui a été créé en 1987 par la FAO afin d'élaborer des stratégies de contrôle dans les pays à haut risque, devrait parvenir à l'éradication totale du virus en 2010.

Noms communs: cattle plague

82. [Rubus ellipticus](#) (shrub) 🇬🇧 🇫🇷

Rubus ellipticus is a thorny shrub that originates from southern Asia. It has been introduced to several places, including Hawaii, Southern USA and the UK, and is grown in cultivation for its edible fruits. This plant has become a major pest in Hawaii, threatening its own native species of raspberry (*Rubus hawaiiensis*), and the ability of this plant to thrive in diverse habitat types makes it a particularly threatening invasive plant.

Noms communs: Asian wild raspberry, broadleaved bramble, Ceylon blackberry, eelkek, golden evergreen raspberry, Himalaya-Wildhimbeere, kohkihl, Molucca berry, Molucca bramble, Molucca raspberry, piquant lou-lou, robust blackberry, soni, wa ngandrondandro, wa sori, wa votovotoa, wild blackberry, wild raspberry, yellow Himalayan raspberry, yellow Himalayan raspberry

83. [Salmo trutta](#) (poisson) 🇬🇧 🇫🇷

Salmo trutta a été introduite autour du monde pour l'aquaculture et pour la pêche sportive. Elle est tenue pour responsable de la réduction des populations de poissons indigènes, en particulier les autres salmonidés, par prédation et par compétition pour l'habitat et la nourriture. C'est un poisson populaire pour les pêcheurs à la ligne.

Noms communs: an breac geal, aure, bachforelle, blacktail, breac geal, brook trout, brown trout, denizalabaligi, denizalasi, Europäische Forelle, finnock, forelle, galway sea trout, gillaroo, gwyniedyn, havørred, havsöring, herling, hirling, kumzha, k'wsech, lachförch, lachsforelle, lassföhren, losos taimen, losos' taimen, mahiazad-e-daryaye khazar, meerforelle, meritaimen, morska postrv, morskaya forel', orange fin, öring, orkney sea trout, ørred, ørret, pastrav de mare, peal, pstruh morský, pstruh obecny, pstruh obecny severomorský, pstruh obycajny, salmo trutta, salmon trout, sea trout, sewin, siwin, sjøaure, sjøørret, sjourrioi, taimen, thalasopestrofa, troc, troc wedrowna, trota fario, trout, trucha, trucha común, trucha marina, truita, truite brune, truite brune de mer, truite de mer, truite d'europe, truta marisca, truta-de-lago, truta-fário, truta-marisca, urriði, whiting, whitling, zeeforel

84. [Schinus terebinthifolius](#) (arbre) 🇬🇧 🇫🇷

Originaire de l'Argentine, du Paraguay et du Brésil, *Schinus terebinthifolius* est une espèce pionnière des sites perturbés, mais elle réussit également à s'installer dans des habitats naturels non perturbés. C'est un arbuste ou un petit arbre agressif, à feuillage persistant et de 3-7 mètres de haut, qui pousse sur différents types de sols et préfère le plein soleil ou le soleil voilé. Il forme des habitats ombragés qui repoussent les autres espèces de plantes et découragent la colonisation par la faune indigène, et il modifie le régime naturel des feux. Son fruit a un "effet paralysant" sur les oiseaux et les herbivores lorsqu'il est ingéré. Les graines de *S. terebinthifolius* sont dispersées par les oiseaux et les mammifères, et elles s'échappent facilement des jardin. *S. terebinthifolius* est planté comme plante ornementale et arbre d'ombrage et a de nombreux usages.

Noms communs: Brazilian holly, Brazilian pepper, Brazilian pepper tree, Christmas berry, faux poivrier, Florida holly, Mexican pepper, pimienta de Brasil, poivre rose, Rosapfeffer, warui

85. [Sciurus carolinensis](#) (mammal) 🇬🇧 🇫🇷

The grey squirrel (*Sciurus carolinensis*) is native to deciduous forests in the USA and has been introduced to the UK, Ireland, Italy and South Africa. In the introduced range grey squirrels damage trees by eating the bark and in Europe they cause the local extinction of red squirrel (*Sciurus vulgaris*) populations through competition and disease.

Noms communs: Grauhörnchen, gray squirrel, grey squirrel, scoiattolo grigio

86. [Solenopsis invicta](#) (insect) 🇬🇧 🇫🇷

Solenopsis invicta is an aggressive generalist forager ant that occurs in high densities and can thus dominate most potential food sources. They breed and spread rapidly and, if disturbed, can relocate quickly so as to ensure survival of the colony. Their stinging ability allows them to subdue prey and repel even larger vertebrate competitors from resources.

Noms communs: fourmi de feu, red imported fire ant (RIFA), rote importierte Feuerameise

87. [Spartina anglica](#) (grass) 🇬🇧 🇫🇷

Spartina anglica is a perennial salt marsh grass which has been planted widely to stabilize tidal mud flats. Its invasion and spread leads to the exclusion of native plant species and the reduction of suitable feeding habitat for wildfowl and waders.

Noms communs: common cord grass, Englisches Schlickgras, rice grass, townsend's grass

88. [Spathodea campanulata](#) (arbre) 

Spathodea campanulata est un arbre à feuillage persistant d'Afrique de l'Ouest qui est largement planté dans les régions tropicales et qui s'est naturalisé dans de nombreuses régions du Pacifique. Il préfère les habitats humides et il se développera mieux dans les zones tropicales abritées. Il est envahissant à Hawaï, Fidji, Guam, Vanuatu, aux îles Cook et Samoa et il est un envahisseur potentiel dans plusieurs autres régions tropicales.

Noms communs: African tulip tree, Afrikanischer Tulpenbaum, amapola, apär, baton du sorcier, fa'apasi, fireball, flame of the forest, fountain tree, Indian Cedar, ko'i'i, mata ko'i'I, mimi, orsachel kui, patiti vai, pisse-pisse, pititi vai, rarningobchey, Santo Domingo Mahogany, taga mimi, tiulipe, tuhke dulip, tulipan africano, tulipier du Gabon

89. [Sphagneticola trilobata](#) (herbacée) 

Bien que *Sphagneticola trilobata* soit le nom accepté pour cette espèce, elle est largement connue sous le nom de *Wedelia trilobata*. *S. trilobata* est originaire des zones tropicales d'Amérique centrale et elle est naturalisée dans de nombreuses régions tropicales humides du monde. Cultivée comme plante ornementale, elle s'échappe facilement des jardins et forme un tapis dense recouvrant le sol et empêchant la régénération des espèces indigènes. Dans les cultures, elle entrerait en compétition pour les éléments nutritifs, la lumière et l'eau, et elle réduirait les rendements.

Noms communs: ate, atiat, creeping ox-eye, dihpw ongohng, Hasenfuss, ngesil ra ngebard, rosrangrang, Singapore daisy, trailing daisy, tuhke ongohng, ut mōkadm, ut telia, wedelia

90. [Sturnus vulgaris](#) (bird) 

Native to Europe, Asia and North Africa, *Sturnus vulgaris* (the European starling) has been introduced globally, save in neotropical regions. The starling prefers lowland habitats and is an aggressive omnivore. *Sturnus vulgaris* cost hundreds of millions of dollars in agricultural damage each year and contribute to the decline of local native bird species through competition for resources and nesting spaces.

Noms communs: blackbird, common starling, English starling, estornino pinto, étourneau sansonnet, étourneau sansonnet, Europäischer Star, European starling

91. [Sus scrofa](#) (mammifère) 

Les cochons sauvages (*Sus scrofa*) sont des animaux domestiques échappés ou lâchés par leurs propriétaires dans la nature. Dans plusieurs régions du monde, ils endommagent les cultures, les récoltes et divers biens, et transmettent de nombreuses maladies telles que la leptospirose et la fièvre aphteuse. Se nourrissant de racines, ils retournent d'importante surface de végétation indigène et dispersent les mauvaises herbes, perturbant ainsi les processus écologiques comme la succession écologique et la composition spécifique. Ils sont omnivores et leur régime alimentaire peut comprendre des petites tortues terrestres, des oiseaux marins et des reptiles endémiques. Étant prisés pour la chasse et la nourriture, de nombreuses communautés refusent l'éradication des cochons sauvages, rendant ainsi la lutte contre cette espèce envahissante d'autant plus complexe.

Noms communs: kuhukuhu, kune-kune, petapeta, pig, poretere, razorback, te poaka, Wildschwein

92. [Tamarix ramosissima](#) (shrub) 

Tamarix ramosissima is a deciduous shrub and can appear as a small tree that can grow in many different substrates. It can be found where its roots reach the water table, such as floodplains, along irrigation ditches and on lake shores and it can tolerate a wide range of saline or alkaline soils. This species can replace or displace native woody species. It is a poor quality food resource for aquatic consumers and the stems change the landscape properties of gravel and cobble islands and bars. *T. ramosissima* supports few native insects and thus is a poor habitat for birds. It is able to dominate floodplain communities in the deserts of the Southwest United States due to its ability to tolerate water stress for extended periods of time. An integrated management approach that incorporates multiple control techniques is required to manage this species.

Noms communs: salt cedar, Sommertamariske, tamarisk, tamarix

93. [Trachemys scripta elegans](#) (reptile) 

Trachemys scripta elegans est un animal de compagnie populaire, qui à la suite de sa libération dans la nature, s'est établi dans de nombreuses régions du monde. Elle se rencontre aussi bien en eau douce qu'en eau saumâtre y compris les eaux des marais côtiers, et elle peut être en compétition avec les tortues aquatiques indigènes. Elle est omnivore et se nourrit d'insectes, d'écrevisses, de crevettes, de vers, de mollusques, d'amphibiens et de petits poissons ainsi que de plantes aquatiques.

Noms communs: red-eared slider, red-eared slider terrapin, Rotwangen-Schmuckschildkroete, tortue à tempe rouge, tortue de Floride

94. [Trichosurus vulpecula](#) (mammal) 

The brushtail possum (*Trichosurus vulpecula*) is a solitary, nocturnal, arboreal marsupial introduced from Australia. It damages native forests in New Zealand by selective feeding on foliage and fruits and also preys on bird nests and is a vector for bovine tuberculosis.

Noms communs: brushtail possum, Fuchskusu

95. [Trogoderma granarium](#) (insect) 

Trogoderma granarium are considered a pest of considerable impact to stored foodstuffs. It maintains its presence in food storage in very low numbers and is able to survive long periods of time in an inactive state.

Noms communs: escarabajo khapra, khapra beetle, khaprakäfer, trogoderma (dermeste) du grain

96. [Ulex europaeus](#) (arbuste) 

Ulex europaeus est un arbuste vivace épineux à feuillage persistant qui pousse en fourrés denses et impénétrables empêchant les animaux de pâturer. Il est fréquent dans les habitats perturbés, les prairies, les savanes arbustives, en lisière de forêts, dans les habitats côtiers et dans les friches. Une fois établie, c'est une plante très prolifique et tenace. *U. europaeus* est très compétitif et exclu des plantes indigènes et cultivées et modifie la composition du sol en fixant l'azote et en l'acidifiant. Il accroît le risque de feux en raison d'une abondante litière et à cause de ses feuilles et de ses graines riche en essence hautement inflammable. Le sol est souvent nu entre les plants, ce qui accroît l'érosion sur les pentes escarpées où *U. europaeus* a remplacé des graminées ou des dicotylédones. Épineux et presque immangeable à maturité, *U. europaeus* réduit la qualité des pâturages qu'il envahit. Un sous bois forestier d' *U. europaeus* gêne les opérations de gestion, augmente les coûts de la taille et de l'éclaircissage, et gêne la croissance des jeunes conifères.

Noms communs: ajonc, ajonc d'Europe, bois jonc, chacay, furze, Gaspeldoorn, genêt, Ginestra spinosa, gorse, jonc marin, kolcolist zachodni, picapica, Stechginster, Tojo, vigneau, vIrish furze, whin, zépinard des hauts

97. [Undaria pinnatifida](#) (algae) 

The kelp (*Undaria pinnatifida*) is native to Japan where it is cultivated for human consumption. It is an opportunistic weed which spreads mainly by fouling ship hulls. It forms dense underwater forests, resulting in competition for light and space which may lead to the exclusion or displacement of native plant and animal species.

Noms communs: apron-ribbon vegetable, Asian kelp, haijiecai, Japanese kelp, miyeuk, qundaicai, wakame

98. [Vespula vulgaris](#) (insect) 

Vespula vulgaris (the common wasp) nest underground and in the cavities of trees and buildings. In addition to causing painful stings to humans, they compete with other insects and birds for insect prey and sugar sources. They will also eat fruit crops and scavenge around rubbish bins and picnic sites.

Noms communs: common wasp, common yellowjacket, Gemeine Wespe

99. [Vulpes vulpes](#) (mammal) 

Native to Europe, Asia, North Africa and boreal regions of North America, *Vulpes vulpes* (the red fox) have been introduced into Australia and temperate regions of North America. They are now the most widely distributed carnivore in the world and have negative impacts on many native species, including smaller canids and ground nesting birds in North America, and many small and medium-sized rodent and marsupial species in Australia.

Noms communs: fuchs, lape, lis, raposa, red fox, renard, rev, Rotfuchs, silver, black or cross fox, volpe, vos, zorro

100. [Wasmannia auropunctata](#) (insecte) 

Wasmannia auropunctata ou petite fourmi de feu comme elle est couramment appelée est impliquée dans la réduction de la diversité spécifique, dans la réduction de l'abondance globale de tous les insectes volants ou arboricoles et dans l'élimination des populations d'arachnides. Elle est également connue pour ses piqûres douloureuses. Aux Galápagos, elle dévore les couvaisons de tortues et attaque les yeux et le cloaque des tortues adultes. Elle est considérée comme étant sans doute l'espèce de fourmi la plus dangereuse pour tout le Pacifique.

Noms communs: albayalde, cocoa tree-ant, formi électrique, formiga pixixica, fourmi électrique, fourmi rouge, hormiga colorada, hormiga roja, hormiguilla, little fire ant, little introduced fire ant, little red fire ant, pequena hormiga de fuego, petit fourmi de feu, Rote Feuerameise, sangunagenta, satanica, small fire ant, tsangonawenda, West Indian stinging ant

ANNEXE 11

**Espèces exotiques envahissantes dans les
collectivités françaises d'outre-mer – Etat des
lieux et recommandations publié par le comité
français de l'IUCN – juillet 2008**

Espèces exotiques envahissantes dans les collectivités françaises d'outre-mer

Etat des lieux et recommandations

Yohann Soubeyran



Ouvrage publié par le Comité français de l'UICN, Paris, France.

Citation de l'ouvrage : Soubeyran Y. (2008). Espèces exotiques envahissantes dans les collectivités françaises d'outre-mer. Etat des lieux et recommandations. Collection Planète Nature. Comité français de l'UICN, Paris, France.

Conception éditoriale et maquette :

Trait de Caractère(s) - 2, rue Monge - 15000 Aurillac
Tél. : 04 71 43 03 89 - Fax : 04 71 48 75 45 - email : lioneldoulcet@atdc.eu

Edition : Imprimerie Caractère - 2, rue Monge - 15000 Aurillac
Tél. : 04 71 48 05 46 - Fax : 04 71 48 75 45

Photos de couverture : J. Le Breton, J.-P. Palasi, J.-L. Chapuis et J. Triolo.

Pour commander l'ouvrage :

Comité français de l'UICN - 26, rue Geoffroy Saint Hilaire - 75005 Paris
Tel. : +33 1 47 07 78 58 - Fax : +33 1 47 07 71 78 - e-mail : uicn@uicn.fr

La reproduction à des fins non commerciales, notamment éducatives, est permise sans autorisation écrite à condition que la source soit dûment citée. La reproduction à des fins commerciales, et notamment en vue de la vente, est interdite sans permission écrite préalable du Comité français de l'UICN.

La présentation des documents et des termes géographiques utilisés dans cet ouvrage ne sont en aucun cas l'expression d'une opinion quelconque de la part du Comité français de l'UICN sur le statut juridique ou l'autorité de quelque Etat, territoire ou région, ou sur leurs frontières ou limites territoriales.

ISBN : 978-2-9517953-9-6

Dépôt légal juillet 2008.

Cette publication a bénéficié du soutien de :



L'UICN – Union internationale pour la conservation de la nature

Fondée en 1948, l'Union internationale pour la conservation de la nature rassemble des États, des organismes gouvernementaux et un large éventail d'organisations non gouvernementales au sein d'une alliance unique : plus de 1000 membres dans 147 pays. L'UICN regroupe également un réseau de plus de 10 000 experts bénévoles qui apportent leurs connaissances à travers six commissions spécialisées. Le secrétariat de l'UICN est composé d'un siège mondial en Suisse et de 62 bureaux régionaux et nationaux.

La vision de l'UICN : « Un monde juste qui valorise et conserve la nature ».

La mission de l'UICN : « Influencer sur les sociétés du monde entier, les encourager et les aider pour qu'elles conservent l'intégrité et la diversité de la nature et veillent à ce que toute utilisation des ressources naturelles soit équitable et écologiquement durable ».

Le Comité français de l'UICN

Créé en 1992, le Comité français de l'UICN est le réseau des organismes et des experts de l'Union internationale pour la conservation de la nature en France. Il regroupe 2 ministères, 5 établissements publics, 35 organisations non-gouvernementales, ainsi qu'un réseau d'environ 200 experts rassemblés au sein de commissions spécialisées et de groupes de travail thématiques.

Ses missions principales sont de répondre aux enjeux de la biodiversité en France et de valoriser l'expertise française au sein de l'UICN et sur la scène internationale.

Les programmes du Comité français sont axés sur les politiques nationales et internationales de la biodiversité et du développement durable, la conservation des milieux naturels sensibles (forêts, montagnes, mer, littoral et zones humides), les aires protégées et les espèces menacées. Une priorité est accordée aux zones importantes pour la biodiversité mondiale dans lesquelles la France est présente : collectivités françaises d'outre-mer, Méditerranée, Europe et espace francophone.

Les espèces exotiques envahissantes dans les collectivités françaises d'outre-mer

Etat des lieux et recommandations

Yohann Soubeyran

Rapport réalisé sous la coordination
de Florian Kirchner et Sébastien Moncorps



Comité français de l'UICN

Collection Planète Nature

2008

SOMMAIRE

Contributions et remerciements	6
Listes des encadrés, figures et tableaux	8
Acronymes	10

Les espèces exotiques envahissantes : contexte, définitions et concepts	11
---	----

Introduction	16
--------------	----

1^{ÈRE} PARTIE : PRÉSENTATION GÉNÉRALE ET RECOMMANDATIONS

L'outre-mer particulièrement exposé aux invasions biologiques	19
Une menace commune à toutes les collectivités	21
Des conséquences sous-estimées	29
Les engagements internationaux, nationaux et locaux	30
Un cadre juridique incomplet et fragmenté	32
Des dispositifs de biosécurité à développer	34
L'indispensable mise en place de cadres stratégiques	35
Vers une prise de conscience collective des enjeux	35
Les limites en matière de lutte	37
Un nécessaire effort de recherche	40
Des avancées significatives à soutenir	41
Conclusions et recommandations	44

2^{ÈME} PARTIE : SYNTHÈSE PAR COLLECTIVITÉ

Martinique	65
Guadeloupe	74
Saint-Martin et Saint-Barthélemy	84
Guyane française	87
Mayotte	90
La Réunion	99
Iles Eparses	114
Nouvelle-Calédonie	118
Polynésie française	133
Wallis et Futuna	149
Clipperton	155
Terres Australes et Antarctiques Françaises	156
Saint-Pierre et Miquelon	166
Bibliographie	171
Annexes	181

CONTRIBUTIONS ET REMERCIEMENTS

Auteur :

Yohann SOUBEYRAN (Comité français de l'UICN)

Rapport réalisé sous la coordination de :

Florian KIRCHNER (Comité français de l'UICN)

Sébastien MONCORPS (Comité français de l'UICN)

Avec l'appui du Groupe de travail outre-mer coordonné par :

Romain RENOUX (WWF France)

Marc DUNCOMBE (CELRL)

Philippe FELDMANN (CIRAD)

Catherine GABRIE (Consultante indépendante)

Volet juridique réalisé par :

Clare SHINE (Consultante indépendante)

Coordinateurs locaux :

Fabien BARTHELAT (DAF, Service Environnement, Mayotte) ; Jean-Marie FLOWER (Conservatoire Botanique des Antilles Françaises, Guadeloupe) ; Anne-Claire GOARANT (Direction de l'Environnement, Province Sud, Nouvelle-Calédonie) ; Philippe JOSEPH (Université Antilles-Guyane, Martinique) ; Christophe LAVERGNE (Conservatoire Botanique National de Mascarin, Réunion) ; Marc LÉBOUVIER (CNRS, TAAF) ; Jean-Yves MEYER (Délégation à la Recherche, Polynésie française) ; Claudie PAVIS (INRA/AEVA, Guadeloupe) ; Soudjata RADJASSEGARANE (Conseil Régional, Réunion) ; Benoit de THOISY (Kwata, Guyane) ; Frank URTIZBEREA (DAF, Saint-Pierre et Miquelon) ; Paino VANAI (Service Environnement, Wallis et Futuna).

Remerciements aux contributeurs :

Rémy AMICE (Gouvernement, SIVAP-DAVAR, Nouvelle-Calédonie) ; Vincent ARENALES del CAMPO (DIREN, Martinique) ; Martine ATRAMENTOWICZ (MEEDDAT) ; Jean-Louis D'AUZON (ASNNC, Nouvelle-Calédonie) ; Stéphane BARET (Conservatoire Botanique National de Mascarin, Réunion) ; Nicolas BARRE (Institut agronomique néo-calédonien, Société Calédonienne d'ornithologie, Nouvelle-Calédonie) ; Samento BAZIL (GCEIP, gestionnaire ENS, Réunion) ; Paula BAYLET-MEYER (Ministère du Développement Durable, Polynésie française) ; Henri BLAFFART (Conservation International, association dayu biik, Nouvelle-Calédonie) ; Vincent BLANFORT (INRA) ; Fabrice BLARD (Insectarium, Réunion) ; Pierre BOSC (ARDA, Réunion) ; Vincent BOULLET (Conservatoire Botanique National de Mascarin, Réunion) ; Fabrice BRESCIA (Institut agronomique néo-calédonien, Nouvelle-Calédonie) ; Michel BREUIL (MNHN) ; Philippe BREUIL (Conseil Général, service des ENS, Réunion) ; Lionel BRINON (Association interprovinciale de gestion des centres agricoles, Nouvelle-Calédonie) ; Alain BRONDEAU (Parc National de La Réunion) ; Henrich BRUGGEMAN (ECOMAR, Université de La Réunion) ; Jean-François BUTAUD (Consultant, Polynésie française) ; Sarah CACERES (ONCFS, Réunion) ; Laurent CALICHIAMA (GCEIP, gestionnaire ENS, Réunion) ; Jean-Jérôme CASSAN (Service Environnement, DDEE, Province nord, Nouvelle-Calédonie) ; François CATZEFLIS (ISEM, Université Montpellier 2) ; Magali CERLES (CELRL) ; Dahabia CHANFI (Conseil Général, Direction de l'Environnement et du Développement Durable, Mayotte) ; Jean Louis CHAPUIS (MHNH) ; Franck CHARLIER (ONCFS, Brigade Nature de Mayotte, Mayotte) ; Stéphane CICCIONE (CEDTM, Réunion) ; Philippe CLERGEAU (MNHN) ; Samuel COUTEYEN (Association réunionnaise d'écologie, Réunion) ; Francis DEKNUYDT (CSRPN, Martinique) ; Stéphane DEFOS (DIREN, Martinique) ; Stéphane DEFRANOUX (Service du Développement Rural, Département Forêt et Gestion de l'Espace Rural, Polynésie française) ; Lucien DEGRAS (Archipel des Sciences, Guadeloupe) ; César DELNATTE (Herbier de Cayenne, Guyane) ; Gregory DESO (Indépendant) ; François DEVINCK (Direction de l'Environnement, Province Sud, Nouvelle-Calédonie) ; Bernard DOLACINSKI (CIRAD, Mayotte) ; Marc-Henri DUFFAUD (DIREN, Réunion) ; Alison

DUNCAN (LPO) ; Pierre EHRET (Ministère de l'Agriculture) ; Roger ETCHEBERRY (Naturaliste, Saint-Pierre et Miquelon) ; Elizabeth ETIFIER-CHALONO (Conservatoire Botanique des Antilles Françaises , Martinique); Lucie FAULQUIER (Société d'Ornithologie de Polynésie française) ; Jacques FAVRE (DAF / DSV, Mayotte); Daniel FONTAINE (GCEIP, gestionnaire ENS, Réunion) ; Jacques FOURNET (Indépendant, Guadeloupe) ; Yves FRENOT (IPEV) ; Yves FRONTIER (Associations Mouvement de la G.E.N.E.S. et Mieux Vivre à Dioré, gestionnaire ENS, Réunion) ; Olivier GARGOMINY (MNHN); Michel de GARINE-WICHATITSKY (CIRAD) ; Dominique GARNIER (Direction de l'Environnement, Province Sud, Nouvelle-Calédonie) ; Gilles Gaspard (DAF, Saint-Pierre et Miquelon) ; Gildas GATEBLE (Institut agronomique néo-calédonien, Nouvelle-Calédonie) ; Valérie GENESSEAU (Parc Naturel régional de la Martinique) ; Bertrand GOGUILLON (WWF, Guyane) ; Anne GOUNI (Société d'Ornithologie de Polynésie française) ; Loïc GOUYET (DAF/DSV, Martinique); Caroline GROSEIL (Direction de l'Environnement, Province Sud, Nouvelle-Calédonie); Maurice HULLE (INRA) ; Béatrice IBENE (Association pour la Sauvegarde et la réhabilitation de la Faune des Antilles); Daniel IMBERT (Université Antilles-Guyane, Guadeloupe) ; Ivan INEICH (MNHN) ; Jean IOTTI (DAF / SPV, Martinique) ; Eric JEUFFRAULT (DAF/SPV, Réunion) ; Hervé JOURDAN (IRD, Nouvelle-Calédonie) ; Pierre JOUVENTIN (CNRS); Isabelle-Julie JURQUET (Conseil Général, service des ENS, Réunion) ; Philippe KEITH (MNHN) ; Michele LE BOLE (Province des Iles Loyauté) ; Thomas LE BOURGEOIS (CIRAD) ; Julien LE BRETON (Cabinet BIODICAL, Nouvelle-Calédonie) ; Matthieu LECORRE (Université de La Réunion) ; Luc LEGENDRE (DIREN, Guadeloupe); Les Naturalistes de Mayotte (Mayotte) ; Daniel LESUR (Conseil Général, Direction de l'Agriculture, des Ressources Terrestres et maritimes, Mayotte) ; Bruno LETOURNEL (ONCFS, Saint-Pierre et Miquelon) ; Anthony LEVESQUE (AMAZONA, Guadeloupe) ; Cedric LO (Service de la Perliculture, Polynésie française) ; Eric LOEVE (Fenua Animalia, Polynésie française); Olivier LORVELEC (INRA Renne, AEVA) ; Xavier LOUBERT-DAVAINE (MEEDDAT) ; Hervé MAGNIN (Parc National de Guadeloupe) ; Jean-François MAILLARD (ONCFS, Martinique) ; Carole MANRY (Service Environnement, Wallis et Futuna) ; Jérôme MARIE (Institut Louis Malardé, Polynésie française) ; Cedric MARTEAU (TAAF) ; Céline MARTINI (Direction de l'Environnement, Province Sud, Nouvelle-Calédonie) ; Patrick METRO (Association OMDAP, gestionnaire ENS Piton Mont Vert, Réunion) ; Christian MILLE (Institut agronomique néo-calédonien, Nouvelle-Calédonie) ; Janice MINATCHY (FDGDON, Réunion) ; Ali MOHAMED (DAF, Bureau de la Protection des Végétaux, Mayotte) ; François MOUTOU (Ecole Vétérinaire Alfort) ; Léon MU (Service du Développement Rural, Département de la Protection des Végétaux, Polynésie française) ; Serge MULLER (Université de Metz) ; Jérôme MUZINGER (IRD, Nouvelle-Calédonie) ; Françoise NEGOUAI (Conseil Régional, Martinique); Teddy OVARBURY (FREDON, Martinique); Jean-Philippe PALASI (UICN, Bureau européen) ; Michel PERRET (MEEDDAT) ; Christian PAPINEAU (Programme de conservation des forêts sèches, Nouvelle-Calédonie); Michel PASCAL (INRA Renne) ; Jerome PETIT (UICN, Bureau Européen) ; Nyls de PRACO NTAL (GEPOG, Guyane) ; Rudolf PUTOA (Service du Développement Rural, Polynésie française) ; Patrick QUENEHERVE (IRD/PRAM) ; Serge QUILICI (CIRAD) ; Jean-Pascal QUOD (ARVAM, Réunion) ; Delphine POLLADOU (Commune de Saint-Paul, gestionnaire ENS Étang de Saint-Paul, Réunion); Jean-Michel PROBS (Association Nature et Patrimoine, Réunion) ; Mickaël RARD (OMAR, Réunion) ; Philippe RAUST (Société d'Ornithologie de Polynésie française) ; Louis REDAUD (DIREN, Guadeloupe); Philippe RICHARD (ONF, Martinique) ; Piérique RIVIERE (Association Capitaine Dimitile, gestionnaire ENS, Réunion) ; Gerard ROCAMORA (Island Conservation Society, Seychelles) ; Robin ROLLAND (DAF/Service Environnement, Mayotte) Melina ROTH (CAR-SPAW, Guadeloupe); Alain ROUSTEAU (Université Antilles-Guyane, Guadeloupe) ; Sophie ROUYS (Université de la Nouvelle-Calédonie) ; Marc SALAMOLARD (Société d'Etudes Ornithologiques de la Réunion, Réunion) ; Matthieu SALIMAN (DAF/SPV, Réunion) ; Jean-Michel SARRAILH (CIRAD) ; Claude SERRA (Direction de l'Environnement, Polynésie française) ; Marie SIGAUD (ONCFS, Réunion) ; Jérôme SPAGGIARI (Conservation International, Nouvelle-Calédonie) ; SREPEN (Réunion) ; Lucile STAHL (Institut de Droit de l'environnement, Université Lyon 3) ; Jacques TASSIN (CIRAD) ; Philippe TORMIN (FREDON, Guadeloupe) ; Léopold STEIN (Service du Développement Rural, Polynésie française) ; Philippe TERRIEUX (DAF / SPV, Martinique) ; Jean-Claude THIBAUT (PNR Corse) ; Jean-Marc THIOLLAY (CNRS) ; Hermann THOMAS (SREPEN-Roche Ecrite, Réunion) ; Michel TILMANN (CELRL, Mayotte) ; Julien TRIOLO (ONF, Réunion) ; Vincent TURQUET (Conseil Général, service des ENS, Réunion); Pierre VALADE (ARDA, Réunion); Sandrine VASSEUR (CELRL, Saint-Pierre et Miquelon) ; Jean François VOISIN (MNHN).

LISTES DES ENCADRÉS, FIGURES ET TABLEAUX

Liste des encadrés

Encadré 1 : Pourquoi les îles sont-elles particulièrement vulnérables aux invasions biologiques ?	19
Encadré 2 : Quelques grandes étapes de l'introduction des plantes	20
Encadré 3 : Les invasions marines : des connaissances insuffisantes	24
Encadré 4 : Exemples de coûts économiques engendrés par des espèces exotiques envahissantes dans différents pays	25
Encadré 5 : Espèces parmi les plus envahissantes au monde présentes dans les collectivités d'outre-mer	29
Encadré 6 : Espèces exotiques envahissantes et réchauffement climatique dans les TAAF	29

Liste des figures

Figure 1 : Les principales menaces sur la biodiversité et les tendances d'évolution	12
Figure 2 : Les barrières qu'une espèce exotique doit franchir pour devenir envahissante	13
Figure 3 : L'outre-mer français dans le monde	17
Figure 4 : Nombre de plantes ligneuses introduites à La Réunion en fonction du temps	21
Figure 5 : Evolution des introductions de plantes sur Kerguelen	21
Figure 6 : Carte de l'invasion potentielle du miconia en Nouvelle-Calédonie	22
Figure 7 : Nombre d'espèces terrestres menacées inscrites sur la Liste rouge de l'UICN en fonction du type de menace	26
Figure 8 : Invasion de Tahiti et de Moorea par le miconia	28
Figure 9 : Principales voies d'introduction d'espèces exotiques à Mayotte	36
Figure 10 : Lutte biologique contre la cicadelle pisseuse à Tahiti	43

Liste des tableaux

Première partie

Tableau 1 : Nombre d'espèces éteintes et d'espèces menacées au niveau mondial en fonction des trois principales catégories de menaces	12
Tableau 2 : Exemples de voies et de vecteurs d'introduction volontaires et accidentels	14
Tableau 3 : Données géographiques et historiques sur les collectivités françaises d'outre-mer	17
Tableau 4 : Constitution de la flore vasculaire des collectivités françaises d'outre-mer	18
Tableau 5 : Effectif estimé des espèces de vertébrés terrestres et d'eau douce naturalisées ou en semi-liberté présentes dans les collectivités françaises d'outre-mer	18
Tableau 6 : Distribution des quatre principales espèces de fourmis envahissantes en outre-mer	22
Tableau 7 : Distribution de quelques plantes exotiques envahissantes majeures	22
Tableau 8 : Vertébrés exotiques naturalisés ou en semi-liberté dans les collectivités françaises d'outre-mer pour lesquels un impact est avéré localement ou connu ailleurs comme important	23
Tableau 9 : Impacts sanitaires potentiels pour l'homme de quelques espèces animales naturalisées ou envahissantes dans les collectivités françaises d'outre-mer	25
Tableau 10 : Exemples d'espèces d'oiseaux indigènes ou endémiques menacées par des prédateurs introduits	26
Tableau 11 : Exemples de financements engagés pour le contrôle d'espèces exotiques envahissantes	38
Tableau 12 : Exemples d'utilisations connues de quelques espèces végétales exotiques envahissantes à Mayotte	39
Tableau 13 : Essais d'éradication de populations exotiques de vertébrés dans les collectivités françaises d'outre-mer	43

Deuxième partie

Tableau 14 : Inventaire et statut des populations exotiques naturalisées ou en semi-liberté de vertébrés de Martinique	67
Tableau 15 : Principales plantes exotiques envahissantes des milieux naturels et secondarisés de Guadeloupe	75
Tableau 16 : Inventaire et statut des populations exotiques naturalisées ou en semi-liberté de vertébrés de Guadeloupe	77
Tableau 17 : Inventaire et statut des populations exotiques naturalisées ou en semi-liberté de vertébrés de Saint-Barthélemy et Saint-Martin.	85
Tableau 18 : Principales plantes exotiques envahissantes des milieux naturels et secondarisés de Mayotte	91
Tableau 19 : Inventaire et statut des populations exotiques naturalisées ou en semi-liberté de vertébrés de Mayotte	93
Tableau 20 : Principales plantes exotiques envahissantes des milieux naturels et secondarisés de La Réunion	100
Tableau 21 : Inventaire et statut des populations exotiques naturalisées ou en semi-liberté de vertébrés de La Réunion	103
Tableau 22 : Inventaire et statut des populations exotiques naturalisées ou en semi-liberté de vertébrés des îles Eparses	116
Tableau 23 : Principales plantes exotiques envahissantes des milieux naturels et secondarisés de Nouvelle-Calédonie	119
Tableau 24 : Inventaire et statut des populations exotiques naturalisées ou en semi-liberté de vertébrés de Nouvelle-Calédonie	122
Tableau 25 : Principales plantes exotiques envahissantes des milieux naturels et secondarisés de Polynésie française	134
Tableau 26 : Exemples de plantes endémiques de Polynésie française menacées par des plantes exotiques envahissantes	135
Tableau 27 : Inventaire et statut des populations exotiques naturalisées ou en semi-liberté de vertébrés de Polynésie française	137
Tableau 28 : Principales plantes exotiques envahissantes ou potentiellement envahissantes des milieux naturels et secondarisés de Wallis et Futuna	150
Tableau 29 : Inventaire et statut des populations exotiques naturalisées ou en semi-liberté de vertébrés de Wallis et Futuna	150
Tableau 30 : Principales plantes exotiques envahissantes des îles subantarctiques françaises	158
Tableau 31 : Date d'introduction des mammifères exotiques des îles subantarctiques françaises	160
Tableau 32 : Inventaire et statut des populations exotiques naturalisées ou en semi-liberté de vertébrés des îles subantarctiques françaises	160
Tableau 33 : Principales espèces exotiques envahissantes d'invertébrés des îles subantarctiques françaises	161
Tableau 34 : Principales plantes herbacées exotiques à caractère envahissant ou potentiellement envahissant de Saint-Pierre et Miquelon	167
Tableau 35 : Inventaire et statut des populations exotiques naturalisées ou en semi-liberté de vertébrés de Saint-Pierre et Miquelon	167

ACRONYMES

CABI	Centre for Agriculture and Bioscience International
CDB	Convention sur la Diversité Biologique (Rio de Janeiro, 1992)
CE	Code de l'Environnement
CEE	Communauté Economique Européenne
CELRL	Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres
CFOM	Collectivité Française d'Outre-Mer
CIPV	Convention Internationale pour la Protection des Végétaux (Rome, 1951)
CIRAD	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CITES	Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages et menacées d'extinction (Washington, 1973)
CIPV	Convention Internationale pour la Protection des Végétaux
CPS	Secrétariat général de la Communauté du Pacifique
COI	Commission de l'Océan Indien
CSRPN	Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel
CSTPN	Conseil Scientifique Territorial du Patrimoine Naturel
DAF	Direction de l'Agriculture et de la Forêt
DOM	Département d'Outre-Mer
DSV	Direction des Services Vétérinaires
EEE	Espèce Exotique Envahissante
ENS	Espace Naturel Sensible
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FDGDON	Fédération Départementale des Groupements de Défense contre les Organismes Nuisibles
GISP	Programme mondial sur les espèces envahissantes
GISD	Base de données mondiale sur les espèces envahissantes
INPN	Inventaire National du Patrimoine Naturel
ISSG	Groupe de spécialistes des espèces envahissantes de l'UICN
MEEDDAT	Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire
MNHN	Muséum National d'Histoire Naturelle
OACI	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
OEPP	Organisation Européenne et méditerranéenne pour la Protection des Plantes
OIE	Organisation Mondiale de la Santé Animale
OMC	Organisation Mondiale du Commerce
OMI	Organisation Maritime Internationale
ONCFS	Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage
ONF	Office National des Forêts
ORGFH	Orientations Régionales de Gestion de la Faune sauvage et d'amélioration de la qualité de ses Habitats
PILN	Pacific Invasives Learning Network
PROE	Programme Régional Océanien pour l'Environnement
PTOM	Pays et Territoire d'Outre-Mer de l'Union européenne
RUP	Région Ultra Périphérique de l'Union européenne
SEOM	Secrétariat d'Etat à l'Outre-Mer
SCOPE	Scientific Committee on Problems of the Environment
SPAW	Protocole relatif aux zones et à la vie sauvage spécialement protégées (Kingston, 1990), sous l'égide de la Convention pour la protection et la mise en valeur du milieu marin dans la région des Caraïbes (Cartagena de Indias, 1983)
SPV	Services de la Protection des végétaux
UICN	Union Internationale pour la Conservation de la Nature



LES ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSANTES : CONTEXTE, DÉFINITIONS ET CONCEPTS

Contexte

Tout au long de son histoire, que l'on remonte à l'avènement de l'élevage et de l'agriculture ou plus en arrière encore, l'Homme est intervenu sur la nature, transportant des milliers d'espèces loin de leurs aires d'origines. Mais à partir du milieu du 20^{ème} siècle, avec la mondialisation de l'économie et le développement des transports, des flux commerciaux et du tourisme qui l'a accompagnée, les déplacements d'espèces et les phénomènes d'invasions biologiques se sont considérablement accélérés. Du nord au sud, tous les pays sont aujourd'hui concernés.

Selon l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire (Millenium ecosystem assessment) publiée par les Nations Unies en 2005, les invasions biologiques sont considérées comme la deuxième cause d'érosion de la biodiversité à l'échelle mondiale, après la destruction et la dégradation des habitats naturels (Figure 1). Les barrières naturelles qui limitaient autrefois la dispersion des espèces ont été brutalement et durablement battues en brèche par le développement croissant des moyens de transports et l'augmentation fulgurante des volumes de marchandises échangés à travers le monde.

Les espèces exotiques n'induisent pas toutes des conséquences graves au sein des écosystèmes dans lesquelles elles s'installent. Mais une partie d'entre-elles est à l'origine d'impacts majeurs, directs ou indirects, observés à différents niveaux. Les plantes et les animaux envahissants peuvent provoquer des dommages :

- au niveau des processus écologiques, en altérant le fonctionnement des écosystèmes et les relations entre les organismes vivants et leur milieu ;
- au niveau de la composition des écosystèmes, en causant la régression ou l'extinction d'espèces indigènes ;
- au niveau des activités économiques, en pénalisant les rendements agricoles, le renouvellement des stocks halieutiques ou la valeur touristique des paysages ;
- au niveau de la santé humaine, en causant des allergies ou en favorisant la transmission de virus et de bactéries.

Les espèces exotiques envahissantes (EEE) sont aujourd'hui considérées comme l'une des plus grandes menaces pour la biodiversité. D'après la liste la liste rouge de l'UICN, les EEE sont la deuxième cause d'extinctions documentées d'espèces et la troisième menace à venir pour les espèces en danger d'extinction (Tableau 1). On estime qu'elles menacent 30 % des oiseaux, 15 % des plantes, 11 % des amphibiens et 8 % des mammifères inscrits dans les catégories d'espèces menacées de la Liste rouge^[1]. De plus, les invasions biologiques constituent une menace pour l'économie, la santé et les conditions de vie des personnes.

Nombre d'espèces éteintes et d'espèces menacées au niveau mondial en fonction des trois principales catégories de menaces¹

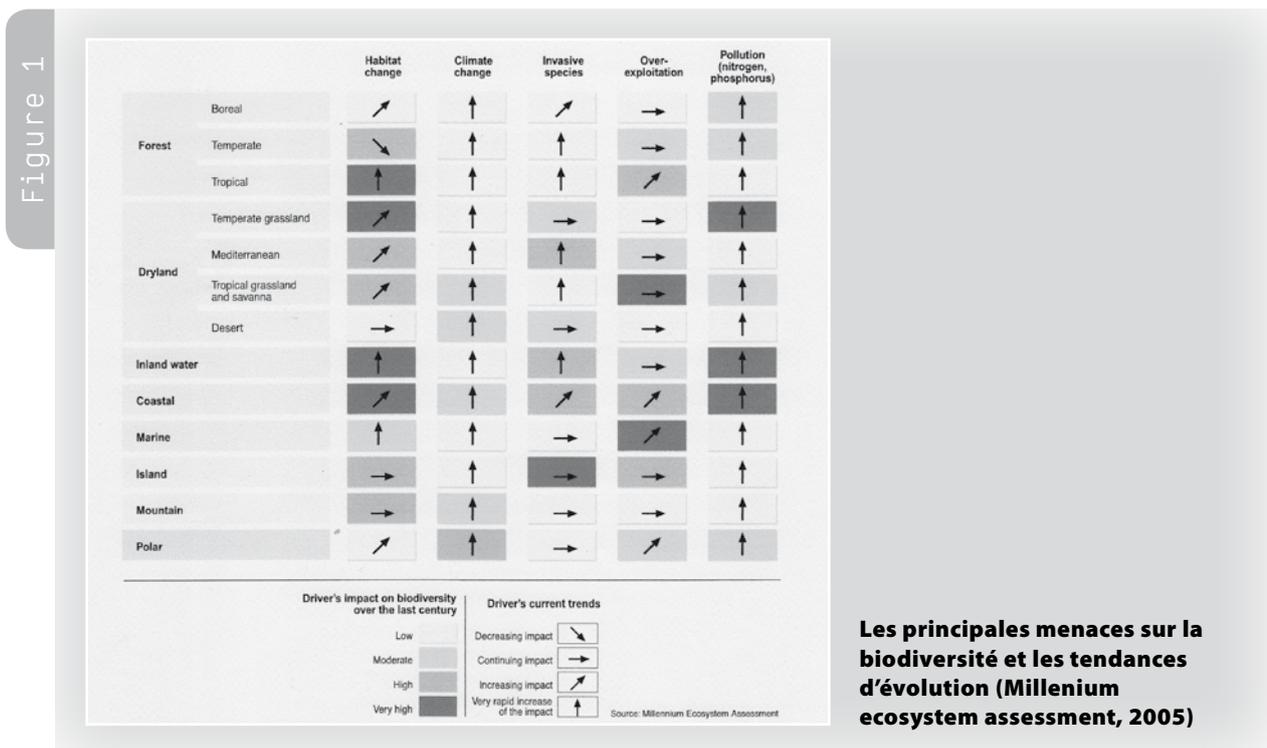
Tableau 1

Menaces	Espèces éteintes (EX, EW)	Espèces menacées (CR, VU, EN)
Perte d'habitat naturel	163	7830
Prélèvements directs (chasse, pêche, récolte)	70	1631
Espèces exotiques envahissantes	105	1366

La prise de conscience de l'importance des phénomènes d'invasion biologique a conduit depuis quelques années à leur prise en compte par les pouvoirs publics nationaux et les institutions internationales.

Définitions

Une espèce est dite exotique d'une entité biogéographique quand cette entité est extérieure à l'aire de répartition naturelle de l'espèce. On utilise également les termes d'espèce allochtone ou introduite (« alien » en anglais). Dans la grande majorité des cas, l'espèce n'ayant pas pu atteindre sa zone d'introduction par ses propres moyens, son déplacement ou son introduction sont l'œuvre de l'Homme. L'introduction peut être délibérée (autorisée ou pas) ou accidentelle (liée aux activités humaines).

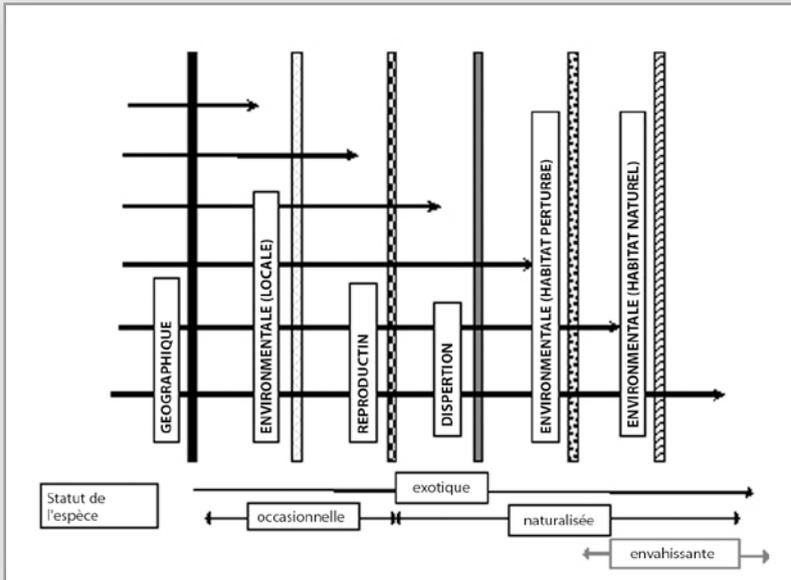


Pour s'établir et constituer des populations pérennes capables de se reproduire, les espèces introduites doivent franchir d'importantes barrières d'ordre physique, climatique et biologique (Figure 2). Le cas échéant, on parle alors d'espèces naturalisées, acclimatées ou établies.

Parmi les espèces naturalisées, seule une fraction se montre capable d'envahir les écosystèmes naturels ou semi naturels. Cette fraction varie suivant les groupes taxonomiques (elle diffère par exemple entre les plantes, insectes, mammifères, reptiles...).

¹ D'après la base de données de la Liste rouge de l'UICN, 2007 (www.iucnredlist.org)

Figure 2



Les barrières qu'une espèce exotique doit franchir pour devenir envahissante^[2]

Conformément aux définitions de l'UICN^[3], du Programme mondial sur les espèces exotiques envahissantes^[4, 5], et de la Convention sur la Diversité Biologique :

« une espèce exotique envahissante est une espèce exotique (allochtone, non indigène) dont l'introduction par l'homme (volontaire ou fortuite), l'implantation et la propagation menacent les écosystèmes, les habitats ou les espèces indigènes avec des conséquences écologiques et/ou économiques et/ou sanitaires négatives.

Un certain débat demeure en France (mais aussi au niveau international) autour de l'expression à utiliser pour désigner ces espèces. Quoiqu'il en soit, on peut considérer que l'expression « espèce exotique envahissante » est synonyme de « espèce invasive ». A cet égard, il serait souhaitable, comme cela a été rappelé lors de la 8^{ème} Conférence des parties de la Convention sur la diversité biologique, que les Etats et les différentes organisations définissent et clarifient les termes utilisés, et travaillent sur une terminologie commune.

Les EEE se rencontrent dans tous les groupes taxonomiques : virus, algues, fougères, plantes supérieures, invertébrés, poissons, mammifères, oiseaux, reptiles, mammifères, etc.

Mais en toute rigueur, il faudrait parler de populations d'espèces exotiques envahissantes et non d'espèces exotiques envahissantes car sous le terme d'espèces sont rassemblées toutes les populations, celles de l'aire d'origine comme celles de l'aire d'introduction^[6].

Les voies d'introduction

L'introduction volontaire ou accidentelle d'une espèce peut être réalisée via un grand nombre de voies ou de vecteurs¹¹ dont certains sont présentés dans le Tableau 2. Les activités humaines jouent un rôle déterminant dans l'introduction et la dispersion des espèces à travers le monde. Les voies d'introduction sont pour la plupart volontaires (ex : horticulture, foresterie, chasse), mais certaines espèces franchissent les frontières par des voies accidentelles (ex : dans la terre ou le sable transportés, via des semences contaminées, par le fret aérien, les engins de transport, les eaux de ballast).

¹¹ Un vecteur, ou une voie, peut être défini comme le moyen de transport (avion, bateau), l'activité (agriculture, horticulture), ou le produit (matériaux de construction, bois) via lequel une espèce exotique est introduite.

Exemples de voies et de vecteurs d'introduction volontaires et accidentels

Tableau 2

Introductions volontaires		Introductions accidentelles
Introductions directes dans l'environnement	Introductions après culture ou captivité	
Agriculture	Evasions de jardins botaniques	Fret maritime et aérien
Foresterie	Jardins privés	Eaux de ballast
Horticulture	Jardineries	Coque des navires
Elevage	Zoos	Véhicules personnels
Lâcher de poissons	Elevages d'animaux	Engins de transport et de construction
Lâcher de mammifères	Apiculture	Denrées agricoles
Chasse	Aquaculture	Semences
Contrôle biologique	Aquariums	Matériaux de construction (terre, gravier, sable...)
Amélioration des sols	Nouveaux animaux de compagnie	Bois
Développement agricole	Unités de recherche	Matériaux d'emballage
		Courrier postal
		Déchets

Les facteurs du succès

Le succès d'une invasion est dû à la combinaison de caractères propres à l'espèce introduite, aux composantes environnementales plus ou moins favorables de l'écosystème colonisé et à un facteur hasard. Les innombrables combinaisons de ces facteurs rendent impossible l'établissement d'un portrait robot type des espèces envahissantes, d'autant plus que ces espèces ne sont pas envahissantes dans leur aire d'origine. Néanmoins, certains traits déterminants peuvent être dégagés.

La pression de propagules, ou plus simplement le nombre d'événements d'introduction de l'espèce, est l'un des facteurs déterminants augmentant les chances de succès de l'invasion. La taille initiale de la population introduite et le temps écoulé depuis l'introduction sont d'autres facteurs importants à considérer, bien qu'il soit impossible d'édicter des règles précises concernant les délais séparant l'introduction de l'apparition du phénomène d'invasion. Plus le temps de résidence d'une espèce exotique est important, plus le risque qu'elle devienne envahissante dans son écosystème d'accueil est grand, même si elle peut ne jamais y devenir envahissante. Les caractéristiques biologiques d'une espèce, notamment sa capacité de reproduction et d'appropriation des ressources, peuvent contribuer à augmenter ses chances d'implantation. L'absence d'ennemis naturels dans le territoire d'introduction explique également en partie le succès de l'invasion d'une espèce exotique, libérée de toute régulation biologique. Enfin, différentes invasions peuvent se renforcer mutuellement et agir en synergie. Par exemple, les rats et de nombreux oiseaux exotiques envahissants sont des disséminateurs efficaces de plantes envahissantes.

Une question de temps

Une espèce exotique peut survivre longtemps dans son milieu d'accueil sans pour autant devenir envahissante. L'invasion se déclenche le plus souvent à la suite de modifications des conditions écologiques du milieu (ouvertures, cyclones...) ou de modifications biologiques (hybridation, mutation...) ou encore lors du franchissement d'un seuil démographique par la population fondatrice permettant à celle-ci de croître de plus en plus rapidement, devenant ainsi envahissante. Le temps qui s'écoule entre le moment de l'introduction et le déclenchement de l'invasion est appelé « phase de latence ». Difficilement prédictible, cette phase peut varier de quelques années à plusieurs dizaines d'années. Ainsi, le filao (*Casuarina equisetifolia*) a mis 65 ans pour devenir envahissant en Floride. Et le miconia (*Miconia calvescens*), un arbuste ornemental, a mis 35 ans en Polynésie française. Il est donc important de ne pas limiter l'attention uniquement aux espèces exotiques envahissantes qui posent aujourd'hui problème. Sur un territoire donné, il faut au contraire prendre en compte l'ensemble des espèces exotiques présentes, surtout si ces dernières sont connues ailleurs pour être envahissantes.

Si plusieurs facteurs peuvent expliquer le succès d'une invasion, le meilleur indice de la capacité d'une espèce à devenir envahissante dans sa région d'introduction est son histoire comme espèce envahissante ailleurs dans le monde, dans des conditions écologiques et climatiques similaires. C'est pourquoi la connaissance de la réputation d'envahisseur que peut avoir une espèce est particulièrement importante pour estimer le risque d'invasion. Ce critère, à la base des systèmes de détection précoce en particulier en Australie, en Nouvelle-Zélande et à Hawaii, est l'un des paramètres utilisés dans les systèmes d'évaluation des risques^{III}.

L'inventaire des espèces connues pour être envahissantes et de leurs impacts dans le monde, la mise en réseau de cette information et le développement de la coopération aux niveaux régional et international sont donc autant d'éléments clés pour anticiper et prévenir les menaces de nouvelles invasions.

Pour en savoir plus :

Cronk, Q. C. B., and J. L. Fuller. 2001. *Plant Invaders: the Threat to Natural Ecosystems*. Earthscan Publications, London, UK. xiv + 241p.

Di Castri, F. 1989. *History of Biological Invasions with special emphasis on the Old World*. In Drake, J. A., Mooney, H. A., di Castri, F., Groves, R. H., Kruger, F. J. 1989 - *Biological invasions; a global perspective*. Chichester, John Wiley & Sons, 525 p.

Muller, S. 2004. *Plantes invasives en France. Etat des connaissances et propositions d'actions*, Coll « Patrimoine naturels », tome 62.

Pascal M, Lorvelec O, Vigne J.-D., Keith P. and Clergeau P. (eds). 2006. *Invasions biologiques et extinctions, 11 000 ans d'histoire des vertébrés en France*. Quae-Belin editions.

Pimentel, D., Lach, L., Zuniga, R., Morrison, D. 2002. *Environmental and economic costs associated with non-indigenous species in the United States*. In Pimentel, D (eds). *Biological invasions: economic and environmental costs of alien plant, animal, and microbe species*, 285-303. CRC Press, USA.

Rejmanek, M., Williamson, M. (eds). *Scope 37: Biological Invasions, a global perspective*. Wiley & Sons, Chichester, UK.

Shigesada, N., Kawasaki, K. 1997. *Biological Invasions: Theory and Practices*. Oxford University Press, Oxford, UK.

Shine, C., Williams, N., & Gundling, L. 2000. *Guide pour l'élaboration d'un cadre juridique et institutionnel relatif aux espèces exotiques envahissantes*. UICN, Gland, Cambridge, Bonn.

Williamson, M. 1997. *Biological invasions*. Chapman & Hall, London, UK.

^{III} Ces systèmes sont le plus souvent des grilles d'évaluation qui recensent les caractéristiques biologiques de l'espèce étudiée, les similitudes pédo-climatiques entre le territoire d'origine et le lieu d'introduction, les potentiels impacts économiques, et qui tentent ainsi de prédire le risque de développement ou non d'un caractère envahissant pour un organisme dans un territoire donné.

INTRODUCTION

Les collectivités françaises d'outre-mer (CFOM) abritent des richesses naturelles exceptionnelles : elles hébergent davantage de plantes vasculaires et de vertébrés endémiques que n'en compte toute l'Europe continentale et les taux d'endémisme constatés pour certains groupes d'espèces y sont parmi les plus élevés au monde. Présentes dans 4 des 34 points chauds de la biodiversité mondiale, elles portent avec la France une responsabilité de premier plan pour la préservation de la diversité biologique de la Planète^[7].

Les CFOM sont également parmi les régions du monde les plus concernées par la crise de la biodiversité. Selon les estimations de la Liste rouge de l'UICN publiées en 2007, la France figure avec ses collectivités d'outre-mer parmi les dix pays hébergeant le plus grand nombre d'espèces animales et végétales mondialement menacées. Parmi les principales causes de l'érosion de la biodiversité, les espèces exotiques envahissantes (EEE) sont reconnues comme un facteur majeur. Dans les îles océaniques, elles pourraient même représenter la première cause d'extinction d'espèces^[8].

Les CFOM, hormis la Guyane française et la Terre Adélie, sont toutes des îles ou des archipels et figurent donc en première ligne face aux espèces exotiques envahissantes. L'un des risques majeurs liés aux invasions biologiques est de voir progressivement se développer une uniformisation des paysages naturels d'outre-mer, avec la disparition ou la régression des espèces indigènes au profit d'une flore et d'une faune exotiques, banalisées et cosmopolites. L'état des lieux sur la biodiversité dans les CFOM publié en 2003 par le Comité français de l'UICN mettait déjà l'accent sur la gravité du phénomène^[7].

Alors que la Convention sur la Diversité Biologique appelle les parties, dont la France, à éradiquer ou à maîtriser les introductions d'espèces qui menacent des écosystèmes, des habitats ou des espèces indigènes, force est de constater que les réponses locales et nationales restent insuffisantes par rapport aux enjeux. Le Conseil de l'Europe reconnaissait en 1996 que « la nécessité de prévenir l'introduction d'espèces exotiques d'animaux et de plantes continuait à se heurter dans de nombreux pays à l'indifférence des pouvoirs publics et de la population »^[9]. Dix ans plus tard, ce constat demeure d'actualité en France métropolitaine et dans les collectivités d'outre-mer. Faire émerger la prise de conscience des dangers que représentent les espèces exotiques envahissantes reste un défi majeur à relever.

Face à cette menace, le Comité français de l'UICN a engagé de juillet 2005 à juillet 2008, avec l'appui du Secrétariat d'Etat à l'outre-mer, du Ministère chargé de l'écologie, du Conseil régional de La Réunion, de la Fondation Nature et Découvertes et de la Fondation de France, une initiative associant l'ensemble des collectivités françaises d'outre-mer, basée sur l'échange d'informations et la mobilisation de tous les acteurs. Les objectifs étaient de 1) réaliser un état des lieux scientifique, technique et juridique ; 2) améliorer la diffusion de l'information à travers la création d'un réseau d'échanges inter-collectivités ; 3) proposer des recommandations pour renforcer la sensibilisation, la prévention et la lutte face aux invasions biologiques.

Cette initiative a mobilisé un réseau de plus 100 experts et personnes ressources issus de tout l'outre-mer et de métropole (chercheurs, gestionnaires d'espaces naturels, membres d'associations de terrain, représentants d'administrations...). Douze coordinateurs locaux ont contribué à la mobilisation locale, à l'organisation du recueil des données et à l'élaboration du rapport final.

Cette synthèse propose un état des lieux des espèces exotiques envahissantes dans chacune des collectivités françaises d'outre-mer, en dressant un premier bilan de leurs impacts avérés ou potentiels sur la biodiversité indigène, de leurs conséquences économiques ou sanitaires et des stratégies de gestion développées localement.

Avec ce document, le Comité français de l'UICN souhaite apporter sa contribution :

- pour une meilleure sensibilisation des populations et des acteurs publics ou privés aux enjeux des espèces exotiques envahissantes ;
- pour favoriser l'échange d'informations entre les collectivités d'outre-mer ;
- pour renforcer l'action sur le terrain, le cadre réglementaire, la hiérarchisation des priorités, l'anticipation et la prévention des invasions biologiques.

Figure 3



L'outre-mer français dans le monde

Données géographiques et historiques sur les collectivités françaises d'outre-mer

Tableau 3

	Type d'île	Surface des terres émergées (km ²)	Altitude maximale (m)	distance du plus proche continent (km)	Age (millions d'années)	Installations humaines	Nombre d'îles, îlots
Martinique	Océanique	1108	1397	450 (Am. du Sud)	40	env. 2000 avt J.C (précolombiens). Milieu 17 ^e (Européens)	48
Guadeloupe	Océanique	1705	1467	600 (Am. du Sud)	40	env. 2000 avt J.C (précolombiens) Milieu 17 ^e (Européens)	>20
Saint-Pierre et Miquelon	Continentale	242	240	<20 (Am. du Nord)		16 ^e (Européens)	7
Guyane	/	83992	700 à 800	/		17 ^e (Européens)	7
Réunion	Océanique	2512	3069	1000 (Afr.)	3	Milieu 17 ^e (Européens)	2
Mayotte	Océanique	377	660	400 (Afr.)	6	7 ^e (Africain bantoue) 17 ^e (Européens)	33
Iles Eparses	Océanique	Europa : 30 Glorieuses : 7 Juan de Nova : 5 Tromelin : 1	14	400 (Afr.)		20 ^e (Européens)	7
Nouvelle Calédonie	Continentale	Grande Terre : 16 595 Ar. Loyauté : 1 981	1628	1500 (Aus.)	65	2000 avt JC (Mélanésiens) Milieu 18 ^e (Européen)	>650
Wallis et Futuna	Océanique	Les îles Wallis : 78 Futuna : 47 Alofi : 17	524	3500 (Aus.)	2 à 22	19 ^e (Européen)	23
Polynésie française	Océanique	3521	2241	6000 (Am.)	De 0,2 à 28,6	De -1000 av JC à 1000 ap. JC (Mélanésiens) 18 ^e (Européens)	120 îles principales et d'innombrables motu
TAAF (sauf Terre Adélie)	Océanique	Amsterdam : 54 St Paul : 8 Iles Crozet : 500 Ar. de Kerguelen : 7200	1850	3000	35 (Kerguelen); 0,5 à 0,04 (St Paul)	Installation de bases permanentes depuis 1950	307
Clipperton	Océanique	2	29	1200 (Am.)		Occupée temporairement de 1897 à 1969	1

Constitution de la flore vasculaire des collectivités françaises d'outre-mer

Tableau 4

	Flore vasculaire indigène	% d'endémisme	Flore vasculaire introduite	Flore vasculaire naturalisée	Plantes exotiques envahissantes
Nouvelle Calédonie	3261 ^[7]	74 ^[7]	1412 ^[10]	360 ^[10]	67 ^[11]
Polynésie française	880 ^[12]	62 ^[12]	1800 ^[13]	600 ^[13]	60
Wallis et Futuna	350 ^[7]	2 ^[7]	281(wallis) ^[14]	114 (wallis) ^[14]	60****
Réunion	835 ^[15]	28 ^[15]	>2000 ^[16]	826 ^[15]	100
Mayotte	629 ^[7]	5 ^[7]	585 ^a	200 ^a	80
Martinique	1403 ^b	2,5 (14,5****) ^[17, 18]	1260 ^[17, 18]	236 ^[17, 18]	4
Guadeloupe	1600 ^b	2 (13****) ^[17, 18]			16
Guyane	5350 ^[7]	2,8 ^[7]	379 ^[19]	131 ^[19]	2
TAAF	70 ^[7]	34 ^[7]	118 ^[20]	?	16
Saint Pierre et Miquelon	446 ^[7]	0 ^[7]	196 ^[7]	80 ^c	25****

* Les chiffres présentés doivent être considérés avec précaution. En effet, les données existantes sur les flores indigènes, exotiques et envahissantes dépendent de l'intensité et du niveau de précision des inventaires réalisés par les botanistes, de la méthodologie employée et de la prise de conscience locale du problème des invasions biologiques.

** Principales plantes exotiques envahissantes des milieux naturels et secondarisés.

*** Taux d'endémisme au niveau régional (Petites Antilles)

**** Plantes envahissantes ou potentiellement envahissantes

Effectif estimé des espèces de vertébrés terrestres et d'eau douce naturalisées ou en semi-liberté présentes dans les collectivités françaises d'outre-mer

Tableau 5

	Mammifères terrestres			Oiseaux			Poissons d'eau douce		
	Indigène	Exotique	Menace pour la biodiversité*	Indigène	Exotique	Menace pour la biodiversité*	Indigène	Exotique	Menace pour la biodiversité*
Guadeloupe	14 ^[7]	8 ^[21]	6	70 ^[7]	10 ^[22]	2	16 ^[7]	3	2
Martinique	11 ^[7]	6 ^[21, 25]	5	65 ^[7]	14 ^[22]	1	16 ^[7]	5 ^[26]	2
Guyane	183 ^[7]	?	3	718 ^[7]	?	?	480 ^[7]	?	?
Réunion	2 ^[7]	15 ^[27-29]	9	18 ^[7]	22 ^[27-29]	4	21 ^[7]	11 ^[30]	4
Mayotte	4 ^[7]	10 ^[31]	7	35 ^[7]	11 ^[31]	2	25 ^[32]	1 ^[32]	1
Polynésie française	0 ^[7]	12 ^[33]	11	31 ^[7]	13 ^d	4	33 ^[7]	4 ^[34, 35]	2
Nouvelle-Calédonie	9 ^[7]	12 ^[38]	11	112 ^[7]	14 ^[38]	4	58 ^[7]	8 ^[38]	3
Wallis et Futuna	1 ^[7]	7	7	25 ^[7]	2?	1	18 ^e	2 ^[39]	2
Saint Pierre et Miquelon	5 ^[7]	7	5	87 ^[7]	4?	1	?	?	?
TAAF	0 ^[7]	9 ^[40]	9	50 ^[7]	1?	0	0 ^[7]	5 ^[41]	1
Iles Eparses	0 ^[7]	5 ^{[42]f}	5	19	7 ^{[42]f}	1	0 ^[7]	?	?
Clipperton	0 ^[7]	1 ^[43]	1	?	?	?	0 ^[7]	0	0

	Reptiles terrestres			Amphibiens		
	Indigène	Exotique	Menace pour la biodiversité*	Indigène	Exotique	Menace pour la biodiversité*
Guadeloupe	21 ^[7]	8 ^[23, 24]	3	3 ^[7]	3 ^[23, 24]	3
Martinique	8 ^[7]	5 ^[23, 24]	3	1 ^[7]	3 ^[23, 24]	3
Guyane	158 ^[7]	?	1?	108 ^[7]	?	?
Réunion	3 ^[7]	14 ^[27-29]	3	0	2 ^[27-29]	?
Mayotte	15 ^[7]	2 ^[7]	1	0	2 ^[7]	?
Polynésie française	10 ^[7]	3 ^[36, 37]	2	0 ^[7]	0 ^[7]	0
Nouvelle-Calédonie	69 ^[7]	4 ^[38]	2	0 ^[7]	1 ^[38]	1
Wallis et Futuna	11 ^[7]	1	1	0 ^[7]	0	0
Saint Pierre et Miquelon	0 ^[7]	0 ^[7]	0	0 ^[7]	1 ^[7]	?
TAAF	0 ^[7]	0	0	0 ^[7]	0	0
Iles Eparses	0 ^[7]	1 ^[7]	?	?	0	0
Clipperton	1?	1 ^[43]	?	0 ^[7]	0 ^[7]	0

* : Espèces pour lesquelles l'impact est identifié localement ou connu ailleurs pour être important.

a : Barthelat, comm. pers., 2007 ; b : CBAF, comm. pers., 2007 ; c : Etchebery, comm. pers. 2007 ; d : SOP, comm. pers., 2007 ; e : Keith, comm. pers., 2007 ; f : Lecorre, comm. Pers., 2007



L'OUTRE-MER PARTICULIÈREMENT EXPOSÉ AUX INVASIONS BIOLOGIQUES

La plupart des CFOM sont des îles et sont de fait particulièrement vulnérables aux invasions biologiques (Encadré 1).

Encadré 1

Pourquoi les îles sont-elles particulièrement vulnérables aux invasions biologiques ?

Les milieux insulaires sont beaucoup plus vulnérables aux espèces exotiques envahissantes que les continents^[44, 45]. Aux îles « vraies », il convient d'ajouter ici les lacs, les marais, les sommets des montagnes, les vallées enclavées qui peuvent également constituer des écosystèmes continentaux isolés. Un long isolement évolutif, une faible superficie, de forts taux d'endémisme et un déséquilibre taxonomique et fonctionnel (absence de certains groupes biologiques) constituent les principaux facteurs responsables de cette vulnérabilité aux introductions d'espèces. Dans les îles, l'isolement géographique a souvent entraîné le développement d'écosystèmes uniques dont la flore et la faune ont évolué en l'absence de grands prédateurs ou d'herbivores terrestres. Ces espèces animales et végétales endémiques n'ont pas développé de moyens de lutte pour résister aux herbivores comme les cervidés, les chèvres ou les moutons, à des prédateurs comme les rats, les chats ou les chiens, et à des plantes plus compétitives venant des continents. Lorsque l'Homme est arrivé avec son cortège de nouvelles espèces, l'impact sur la flore et la faune autochtones a souvent été désastreux. L'absence initiale de certains groupes comme les amphibiens, les mammifères herbivores et carnivores, les reptiles, etc. a permis à des niches écologiques de rester vacantes facilitant l'invasion d'espèces exotiques plus compétitives aux stratégies de conquête plus agressives que les espèces indigènes.

Les introductions d'espèces dans les collectivités françaises d'outre-mer ne sont pas un phénomène récent. Étroitement liées à l'histoire humaine, elles ont débuté dès la découverte de ces territoires et ont été amplifiées au fil des déplacements des hommes et se sont incroyablement accélérées au cours du 20^{ème} siècle. En Polynésie française, le nombre d'introductions d'espèces réalisé au cours des 250 dernières années est près de 20 fois supérieur à celui constaté pendant les 2500 ans de l'histoire polynésienne^[46]. A La Réunion, le taux d'introduction actuelle est 50 000 à 60 000 fois plus rapide qu'avant l'arrivée de l'homme, il y a 300 ans (Laverne, in prep).

Réparties dans les trois grands océans du monde, les CFOM présentent une grande diversité de climats (tropical, subtropical, équatorial, tempéré, froid) ce qui les rend propices à l'installation d'un nombre important d'espèces exotiques. A la vulnérabilité insulaire s'ajoute l'occurrence plus élevée en outre-mer des catastrophes naturelles telles que les cyclones, les glissements de terrain ou les éruptions volcaniques. Ces catastrophes peuvent favoriser ou accélérer l'invasion d'une espèce exotique par la perturbation directe des habitats. En Polynésie française, l'explosion de *Rubus rosifolius*, qui envahit les forêts humides et mésophiles de Tahiti, ferait suite aux cyclones de 1982-83^[47].

Les échanges économiques actuels des CFOM favorisent les introductions d'espèces exotiques. Le secteur alimentaire dépend encore massivement des importations. Des secteurs comme l'horticulture ornementale sont en pleine expansion. Le nombre croissant de touristes, même jusque dans la zone antarctique, représente également une source non négligeable d'introduction d'espèces exotiques, ainsi que l'augmentation très importante des voyages des populations locales vers d'autres régions du monde. En Nouvelle-Calédonie, le développement de l'activité minière s'accompagne en plus de la pollution et de la destruction des habitats, d'une augmentation de l'activité de fret, des volumes de déchets, de flux de main d'œuvre induisant un risque important d'introduction de nouvelles espèces^[48].

Enfin et surtout, l'exiguïté de ces territoires par rapport à l'importance des populations qui y vivent, se traduit par un niveau de perturbation et de dégradation des habitats naturels très important (ex: agriculture, urbanisme, exploitation forestière, activités minières, aménagements touristiques, feux, ouvertures de pistes), qui représente un facteur majeur de facilitation des invasions. Or, les perturbations qu'elles soient naturelles ou anthropiques, jouent un rôle déterminant dans le déclenchement des invasions et

dans leur diffusion spatiale en augmentant la disponibilité des ressources et de l'espace et surtout en déstructurant et en fragilisant l'équilibre écologique de ces habitats naturels. La synergie entre fragmentation, surpâturage, et feux répétés, est bien connue pour faciliter l'installation des plantes exotiques. En Nouvelle-Calédonie, les incendies qui ravagent 50 000 hectares de savanes à niaouli et de maquis miniers chaque année^[50], conjugués au pâturage plus ou moins divagant des bovins et des cerfs, fragmentent ces écosystèmes permettant l'installation de nombreuses plantes exotiques envahissantes^[51].

La fragmentation des habitats naturels conduit à ce que des zones perturbées se retrouvent au contact d'habitats encore intacts. Or, des îles comme La Réunion, la Polynésie française ou les Antilles françaises concentrent sur une petite surface des densités records d'habitats. A La Réunion, près de 130 habitats ont ainsi été référencés^v. La distance très réduite entre ces habitats et les zones anthropisées (villes, cultures, pâturages, forêts plantées, zones dégradées) facilite les flux d'espèces animales et végétales entre ces différents compartiments et une espèce exotique peut ainsi atteindre et envahir tous les milieux qui lui sont favorables.

Les Tableaux 4 et 5 regroupent les données disponibles pour les milieux terrestres et d'eau douce sur le nombre d'espèces indigènes, d'espèces exotiques et d'espèces exotiques envahissantes de plantes et de vertébrés dans les collectivités françaises d'outre-mer.

Les collectivités françaises d'outre-mer, en dépit de leur isolement géographique, ont été soumises à des vagues d'introductions d'espèces et ont vu leurs flores et leurs faunes originelles modifiées par des milliers d'espèces exotiques (Figures 4 et 5). Avec plus de 2000 plantes introduites à La Réunion et 1800 en Polynésie française, on compte dans ces collectivités plus de plantes exotiques que de plantes indigènes. 145 espèces exotiques de vertébrés terrestres ont constitué des populations naturalisées ou en semi liberté^v dans les CFOM. Plus de 95% des espèces exotiques de vertébrés ont été introduites à partir de la période européenne^{vi}. La Martinique et la Guadeloupe ont vu leur faune mammalienne terrestre endémique (à l'exception des chauves souris) remplacée par des espèces introduites^[25]. Tous les mammifères terrestres de Polynésie française ou des TAAF sont des espèces exotiques. La plupart des groupes d'invertébrés (oligochètes, myriapodes, crustacés, nématodes, mollusques, insectes...) présentent des espèces exotiques dans tous les milieux (cultures, milieux naturels, eaux douces, milieux marins) mais l'important manque de connaissance de ces groupes est une limite pour leur inventaire et l'analyse de leur impact.

Quelques grandes étapes de l'introduction des plantes

Il y 4000 ans, les premiers Amérindiens introduisaient en Martinique des plantes alimentaires comme la papaye, la noix de cajou ou le manioc^[49]. Les premiers Polynésiens introduisirent en Polynésie française le taro, l'arbre à pain ou l'igname il y a environ 1000 ans.

Pendant la colonisation européenne, les introductions étaient principalement destinées à la production alimentaire, forestière ou fourragère, et visaient à renforcer les ressources alimentaires des populations nouvellement installées ou à recréer des conditions familiales. Les premiers jardins botaniques tropicaux apparaissent au 18^{ème} siècle, comme le jardin de Pamplemousse à Maurice en 1736 ou les Jardins du Roy à La Réunion en 1761, et deviendront des portes d'entrées pour de nombreuses plantes exotiques envahissantes

Le 19^{ème} siècle est la période des sociétés d'acclimatation. A partir du milieu de ce siècle, avec la croissance démographique des colonies et le développement de l'élevage, un grand nombre de plantes fourragères dont des légumineuses envahissantes comme l'*Acacia farnesiana*, *Mimosa pudica* ou *Leucaena leucocephala* seront introduites dans toutes les collectivités tropicales d'outre-mer.

A la fin du 19^{ème} siècle et au début du 20^{ème} siècle, des jardins botaniques privés de « collectionneurs » se développent et deviendront une source importante d'espèces exotiques envahissantes. Ainsi, le miconia (*Miconia calvescens*) fut introduit à Tahiti en 1927 par Harrison Smith pour son jardin de Papeari (aujourd'hui Jardin Botanique Harrison Smith) qui héberge aujourd'hui une collection de 250 espèces introduites^[46].

Après la deuxième guerre mondiale, la quasi totalité des collectivités tropicales d'outre-mer connaissent une politique de reboisement intensif avec des espèces exotiques (pins, eucalyptus, filaos, *Acacia* spp, *Cryptomeria japonica*, mahogany etc) afin de créer des massifs forestiers, reboiser des terrains soumis à l'érosion ou détruits par des feux et fournir du bois d'œuvre.

^v CBNM (2005-en cours). Cahier des habitats de la Réunion. 43 fiches rédigées non publiées, Conservatoire Botanique National de Mascarin.

^v On définit une espèce en semi-liberté comme une espèce exotique dont des individus sont trouvés dans le milieu naturel mais qui ne constituent pas une population pérenne et restent liés en partie aux activités humaines

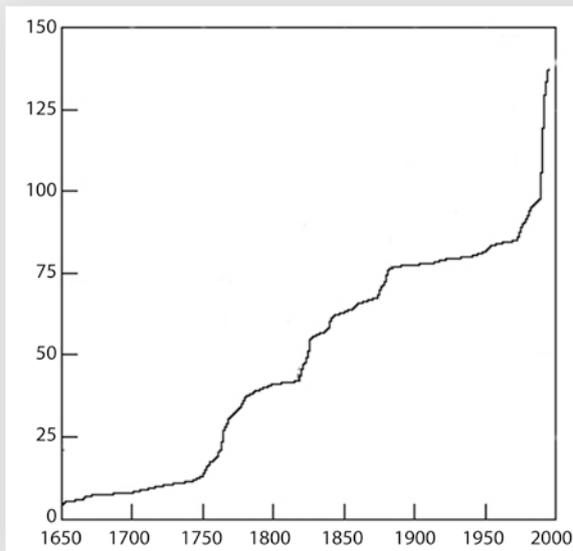
^{vi} Pour 4 espèces, le rat du Pacifique dans les collectivités du Pacifique, avec le chien et le cochon en Polynésie française, l'agouti en Guadeloupe, l'introduction est antérieure à la période européenne.

UNE MENACE COMMUNE À TOUTES LES COLLECTIVITÉS

Tous les écosystèmes des CFOM sont menacés par des espèces exotiques envahissantes. Plusieurs exemples montrent qu'aucun écosystème n'est à l'abri d'une invasion. Les zones humides, les forêts littorales, les forêts sèches et semi-sèches, les forêts humides de basse altitude, les écosystèmes aquatiques, apparaissent comme les écosystèmes les plus vulnérables aux invasions. En outre, ce sont également les écosystèmes qui ont été les plus dégradés par les activités humaines.

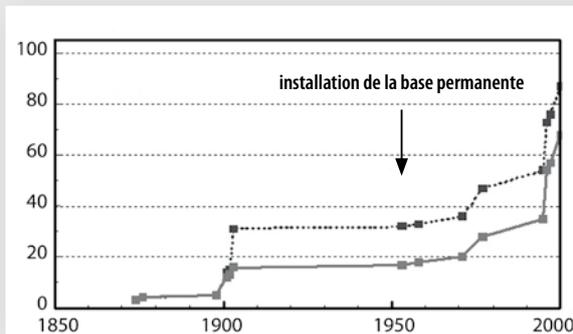
Des espèces à croissance rapide et à reproduction précoce, adaptées à la faible luminosité des sous bois, et produisant de grandes quantités de fruits pouvant être dispersés par des oiseaux, comme le miconia (*Miconia calvescens*) envahissant à Tahiti ou le troène de Ceylan (*Ligustrum robustum*) envahissant à La Réunion, représentent une menace pour toutes les forêts denses humides intactes ou peu perturbées d'outre-mer (Figure 6). Les plantes aquatiques envahissantes comme la jacinthe d'eau, la salvinia, ou la laitue d'eau menacent toutes les zones humides tropicales d'outre-mer. Les rats se rencontrent quant à eux depuis les forêts humides jusqu'aux agro-systèmes.

Figure 4



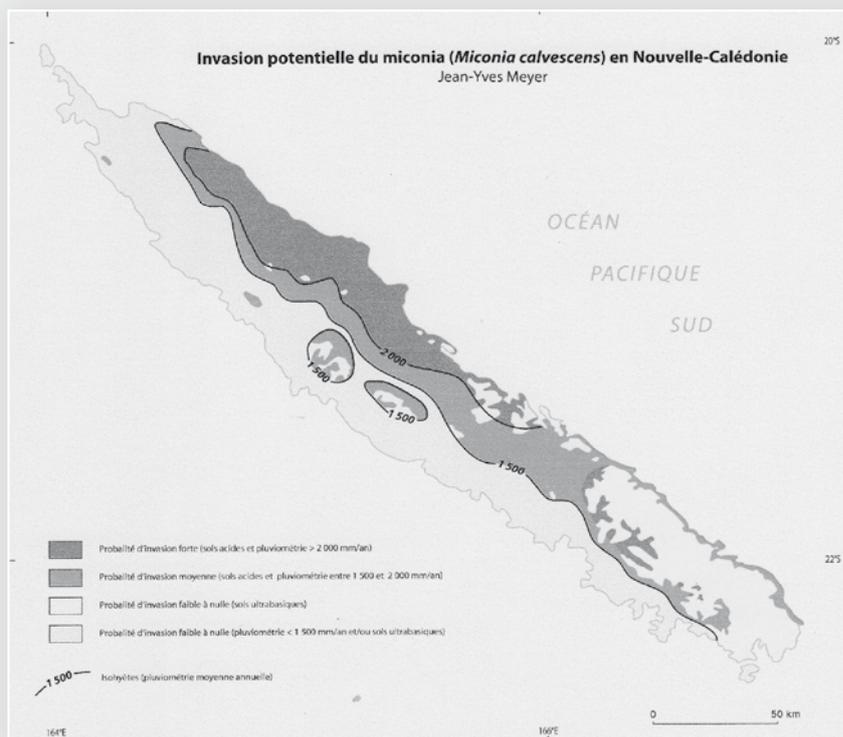
Nombre de plantes ligneuses introduites à La Réunion en fonction du temps^[52]

Figure 5



Evolution des introductions de plantes sur Kerguelen^[20]
 Courbe supérieure : espèces observées ;
 courbe inférieure : espèces naturalisées

Figure 6



Carte de l'invasion potentielle du miconia en Nouvelle-Calédonie^[48, 11]

Distribution des quatre principales espèces de fourmis envahissantes en outre-mer
(une croix indique que l'espèce est présente, mais pas forcément envahissante)

Tableau 6

Espèce	Nom commun	Martinique	Guadeloupe	Réunion	Nouvelle-Calédonie	Wallis et Futuna	Polynésie française
<i>Anoplolepis gracilipes</i>	fourmi folle jaune			X	X	X	X
<i>Pheidole megacephala</i>	fourmi à grosse tête		X	X	X	X	X
<i>Solenopsis geminata</i>	fourmi rouge	X	X	X	X		X
<i>Wasmannia auropunctata</i>	fourmi électrique	X	X		X	X	X

Distribution de quelques plantes exotiques envahissantes majeures

Tableau 7

Espèce	Nom commun	Martinique	Guadeloupe	Réunion	Mayotte	Nouvelle-Calédonie	Wallis et Futuna	Polynésie française
<i>Acacia farnesiana</i>	cassie			X	X	X		X
<i>Clidemia hirta</i>	tabac boeuf			X	X		X	
<i>Dichrostachys cinerea</i>	acacia St Domingue	X	X	X				
<i>Eichhornia crassipes</i>	jacinthe d'eau		X	X		X		X
<i>Flemingia strobilifera</i>	sainfoin du bengale		X	X		X		X
<i>Furcraea foetida</i>	choca vert			X		X		X
<i>Hiptage benghalensis</i>	liane papillon			X				
<i>Kalanchoe pinnata</i>			X	X		X		X
<i>Lantana camara</i>	lantana	X	X	X	X	X	X	X
<i>Leucaena leucocephala</i>	cassie			X	X	X	X	X
<i>Melinis minutiflora</i>				X		X	X	X
<i>Merremia peltata</i>						X	X	X
<i>Mimosa diplotricha</i>	sensitive géante			X	X	X	X	X
<i>Passiflora suberosa</i>	passiflore			X	X	X		X
<i>Pinus caribaea</i>	pin des Caraïbes	X	X			X		X
<i>Rubus rosifolius</i>	framboisier			X		X		X
<i>Schinus terebinthifolius</i>	faux poivrier du Brésil			X		X		X
<i>Solanum mauritianum</i>	bringellier marron			X	X	X		
<i>Spathodea campanulata</i>	tulipier du Gabon		X	X	X			X
<i>Syzygium jambos</i>	jamrosa			X	X			X
<i>Tecoma stans</i>	trompette d'or			X	X	X		X
<i>Ulex europaeus</i>	ajonc d'Europe			X				

Les CFOM partagent entre elles un pool commun de plantes et d'animaux exotiques envahissants ou potentiellement envahissants (Tableaux 6, 7, 8). Des espèces comme le lantana (*Lantana camara*) ou le *Leucaena leucocephala*, deux arbustes, le martin triste (*Acridotheres tristis*), l'escargot géant d'Afrique ou achatine (*Lissachatina fulica*) et l'escargot carnivore de Floride (*Euglandina rosea*), et bien sûr les rats (*Rattus rattus*, *Rattus norvegicus* et *Rattus exulans*), sont envahissants dans plusieurs collectivités, même éloignées les unes des autres. Sur les 6 espèces de fourmis les plus largement répandues au niveau mondial et ayant un impact reconnu lorsqu'elles s'installent dans un nouveau milieu^[53], quatre sont présentes dans plusieurs collectivités (Tableau 6). Ces quatre espèces, la fourmi folle jaune (*Anoplolepis gracilipes*), la fourmi à grosse tête (*Pheidole megacephala*), la fourmi rouge (*Solenopsis geminata*) et la fourmi électrique ou petite fourmi de feu (*Wasmannia auropunctata*), appartiennent au cortège des fourmis vagabondes actuellement en cours d'expansion dans la ceinture tropicale, en liaison avec l'augmentation des échanges économiques. Parmi les mollusques, l'escargot carnivore de Floride a été introduit en Polynésie française, à La Réunion, à Mayotte, en Nouvelle-Calédonie et à Wallis et Futuna avec comme même objectif la lutte biologique contre l'achatine. Avec l'achatine, ce sont les gastéropodes exotiques envahissants les plus largement distribués dans les CFOM.

Vertébrés exotiques naturalisés ou en semi-liberté dans les collectivités françaises d'outre-mer pour lesquels un impact est avéré localement ou connu ailleurs comme important

Entre (), le nombre de collectivités dans lesquelles l'espèce est présente.

Tableau 8

Espèce	Nom commun	Espèce	Nom commun
Amphibiens		Mammifères	
<i>Chaunus marinus</i> (2)	Crapaud buffle	<i>Bos taurus</i> (4)	Bœuf
<i>Eleutherodactylus johnstonei</i> (2)	Hylode de Johnstone	<i>Canis familiaris</i> (4)	Chien
<i>Litoria aurea</i> (1)	Rainette verte et dorée	<i>Capra hircus</i> (7)	Chèvre
<i>Osteopilus septentrionalis</i> (2)	Rainette de Cuba	<i>Cervus timorensis russa</i> (2)	Cerf de Java
<i>Scinax ruber</i> (1)	Rainette des maisons	<i>Felis catus</i> (8)	Chat
<i>Scinax x-signatus</i> (1)	Rainette X signée	<i>Herpestes auropunctatus</i> (3)	Petite mangouste indienne
Oiseaux		<i>Mus musculus</i> (11)	Souris grise
<i>Acridotheres tristis</i> (5)	Martin triste	<i>Odocoileus virginianus</i> (1)	Cerf de Virginie
<i>Anas platyrhynchos</i> (1)	Canard colvert	<i>Oryctolagus cuniculus</i> (4)	Lapin de Garenne
<i>Bubo virginianus</i> (1)	Grand-duc d'Amérique	<i>Ovis ammon</i> (1)	Mouflon
<i>Circus approximans</i> (1)	Busard de Gould	<i>Ovis aries</i> (1)	Mouton
<i>Leiothrix lutea</i> (1)	Rossignol du Japon	<i>Procyon lotor</i> (3)	Raton laveur
<i>Passer domesticus</i> (5)	Moineau domestique	<i>Rangifer tarandus</i> (1)	Renne
<i>Pycnonotus cafer</i> (2)	Bulbul à ventre rouge	<i>Rattus exulans</i> (3)	Rat du Pacifique
<i>Pycnonotus jocosus</i> (1)	Bulbul Orphée	<i>Rattus norvegicus</i> (12)	Rat surmulot
<i>Streptopelia decaocto</i> (2)	Tourterelle turque	<i>Rattus rattus</i> (13)	Rat noir
Poissons		<i>Suncus murinus</i> (1)	Musaraigne musquée
<i>Cyprinus carpio</i> (1)	Carpe commune	<i>Sus scrofa</i> (4)	Cochon
<i>Micropterus salmoides</i> (1)	Black bass	Reptiles	
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (1)	Truite arc-en-ciel	<i>Gymnophthalmus underwoodi</i> (2)	Gymnophthalme d'Underwood
<i>Oreochromis mossambicus</i> (5)	Tilapia du Mozambique	<i>Hemidactylus frenatus</i> (5)	Gecko des maisons
<i>Poecilia reticulata</i> (6)	Guppy	<i>Iguana iguana</i> (4)	Iguane commun
		<i>Trachemys scripta elegans</i> (5)	Trachémyde à tempes rouges

A l'opposé, des EEE comme l'ajonc d'Europe (*Ulex europaeus*) ou la liane papillon (*Hiptage benghalensis*) à La Réunion, le busard de Gould (*Circus approximans*) en Polynésie française, ou la fourmi manioc (*Acromyrmex octospinosus*) en Guadeloupe qui s'attaque aux fougères arborescentes indigènes, ne sont présentes et très envahissantes que dans ces seules collectivités.

Pour mieux envahir les écosystèmes indigènes les invasions peuvent se faciliter les unes les autres et des plantes et des animaux peuvent agir en synergie. Des oiseaux frugivores généralistes comme le martin triste, le bulbul Orophée (*Pycnonotus jocosus*), le bulbul à ventre rouge (*Pycnonotus cafer*) ou le rossignol du Japon (*Leiothrix lutea*) facilitent la dispersion sur de grandes surfaces de nombreuses plantes envahissantes comme le raisin marron (*Rubus alceifolius*), le lantana, le troène de Ceylan (*Ligustrum robustum*), ou *Clidemia hirta*. Les herbivores tels les cerfs ou le bétail divagant et les omnivores comme le cochon sauvage ou les rats favorisent également la dispersion de pestes végétales en consommant leurs fruits ou en véhiculant leurs graines zoochores.

Les invasions marines : des connaissances insuffisantes

Selon, l'organisation maritime internationale (OMI), les EEE sont considérées comme la quatrième plus grande menace pour les océans du monde, après la pollution d'origine terrestre, la surexploitation des ressources marines et la destruction des habitats côtiers et marins. Les voies d'introduction sont multiples. Les espèces peuvent être introduites par les eaux et les sédiments de ballast, en se fixant sur les coques des bateaux, par l'aquaculture et l'aquariophilie, ou encore via des programmes de recherche scientifique. Chaque année, entre 3 et 5 milliards de tonnes d'eaux de ballast sont transportées par les navires à travers le monde. On estime que jusqu'à 7 000 espèces différentes sont déplacées chaque jour^{vi}.

Présentes dans les trois océans, les collectivités françaises d'outre-mer hébergent près de 10% des récifs coralliens et lagons du monde, connus pour être parmi les écosystèmes les plus riches de la planète. Ces écosystèmes sont d'une importance écologique et économique majeure pour l'outre-mer, mais leur intégrité peut être menacée par des espèces exotiques envahissantes. La prolifération de l'Acanthaster pourpre (*Acanthaster planci*) par exemple, une étoile de mer prédatrice du corail, est l'une des principales causes de la dégradation des récifs dans la zone Pacifique.

Le milieu marin n'est donc pas épargné par les espèces exotiques envahissantes, mais celles-ci restent encore mal connues. L'amélioration des connaissances dans ce domaine est indispensable pour mesurer l'ampleur et les impacts des invasions biologiques marines.

DES CONSÉQUENCES SOUS-ESTIMÉES

Une menace pour l'économie

L'évaluation des impacts socio-économiques est difficilement quantifiable. Ces impacts incluent les effets préjudiciables des plantes exotiques sur la production agricole et l'utilisation accrue de pesticides, l'augmentation du coût du contrôle des espèces nuisibles, la diminution des ressources hydrologiques, le coût de la restauration des milieux naturels, les effets des pathogènes introduits sur les espèces sauvages et la santé. Des coûts additionnels importants peuvent inclure une baisse d'opportunité de valorisation directe (ex : industrie pharmaceutique) ou indirecte (ex : tourisme) des ressources.

L'agriculture et plus généralement les activités qui exploitent les ressources naturelles, sont les premières touchées par les espèces exotiques envahissantes. La dégradation des pâturages par des adventices ligneuses ou herbacées apparaît comme une des contraintes importantes pour l'élevage et l'agriculture en Nouvelle-Calédonie et à La Réunion. Plusieurs insectes comme le ver blanc (*Hoplochelus marginalis*) à La Réunion ou les mouches des fruits ont des impacts économiques très importants. En Nouvelle-Calédonie, la fourmi électrique (*Wasmannia auropunctata*) affecte un grand nombre de secteurs économiques (maraîchage, production fruitière, élevage...) en occasionnant des dommages aux plantes et aux fruits en raison de son association avec des cochenilles ou des pucerons, ou en gê-

^{vi} Source : programme Globallast, <http://globallast.imo.org>

nant la conduite des récoltes à cause des piqûres^[54, 55]. De leur côté, les rats et l'achatine sont connus de longue date comme d'importants ravageurs des cultures. Le bulbul Orphée est un ravageur des cultures fruitières à La Réunion. Des oiseaux granivores introduits qui se déplacent en nombre comme *Lonchura punctulata* en Guadeloupe peuvent causer des pertes agricoles, empêchant la culture du riz par exemple (Feldmann, comm. pers., 2007).

Le maintien des écosystèmes naturels en bonne santé est indispensable pour certaines activités économiques fondamentales comme l'écotourisme, l'aquaculture ou la perliculture. Mais ces activités peuvent être directement menacées par des invasions biologiques. Dans les atolls des Tuamotu, l'introduction d'une anémone, inconnue jusqu'à 1994, menace des élevages de la fameuse huître à perles noires (Lo, comm. pers., 2007).

Encadré 4

Exemples de coûts économiques engendrés par des espèces exotiques envahissantes dans différents pays^[5, 56]

- Les coûts annuels des dommages causés par plusieurs espèces exotiques de plantes et d'animaux aux Etats-Unis sont estimés à 137 milliards US\$.
- Les coûts annuels sur les agro-systèmes australiens de 6 mauvaises herbes sont estimés à 105 millions US\$.
- Les coûts annuels de la jacinthe d'eau dans 7 pays africains sont estimés entre 20 et 50 millions US\$.
- L'impact du « Golden apple snail » (*Pomacea canaliculata*) sur la production de riz aux Philippines est estimé entre 28 et 45 millions US\$/an.
- En Nouvelle Zélande, le coût des pertes économiques et de la lutte en milieu agricole contre 200 plantes est évalué à 100 millions NZ\$/an ; la lutte contre 450 insectes nuisibles est évaluée à 960 millions NZ\$/an.

Des risques sanitaires potentiels

De nombreuses espèces animales exotiques sont des vecteurs ou des réservoirs de maladies transmissibles à l'homme (Tableau 9). Après son apparition aux Etats-Unis en 1999, le virus de la fièvre du West Nile^{viii} a été introduit aux Antilles françaises dès 2002 via les oiseaux migrateurs^[57]. La grippe aviaire, si elle devait concerner l'homme, passerait d'abord par des espèces d'oiseaux domestiques et certainement par l'intermédiaire d'espèces introduites naturalisées comme la tourterelle, le moineau domestique ou le martin triste. À l'occasion de contacts avec, par exemple, des oiseaux migrateurs originaires d'Asie, des oiseaux exotiques pourraient devenir des réservoirs et vecteurs locaux de l'agent de la grippe aviaire, et contaminer alors des oiseaux sauvages aussi bien que domestiques^[38]. Enfin, certaines plantes exotiques envahissantes sont toxiques pour l'homme ou les animaux comme l'arum (*Zantedeschia aethiopica*), le ricin (*Ricinus communis*), les solanacées ou les troènes (*Ligustrum spp.*).

Impacts sanitaires potentiels pour l'homme de quelques espèces animales naturalisées ou en semi-liberté dans les collectivités françaises d'outre-mer

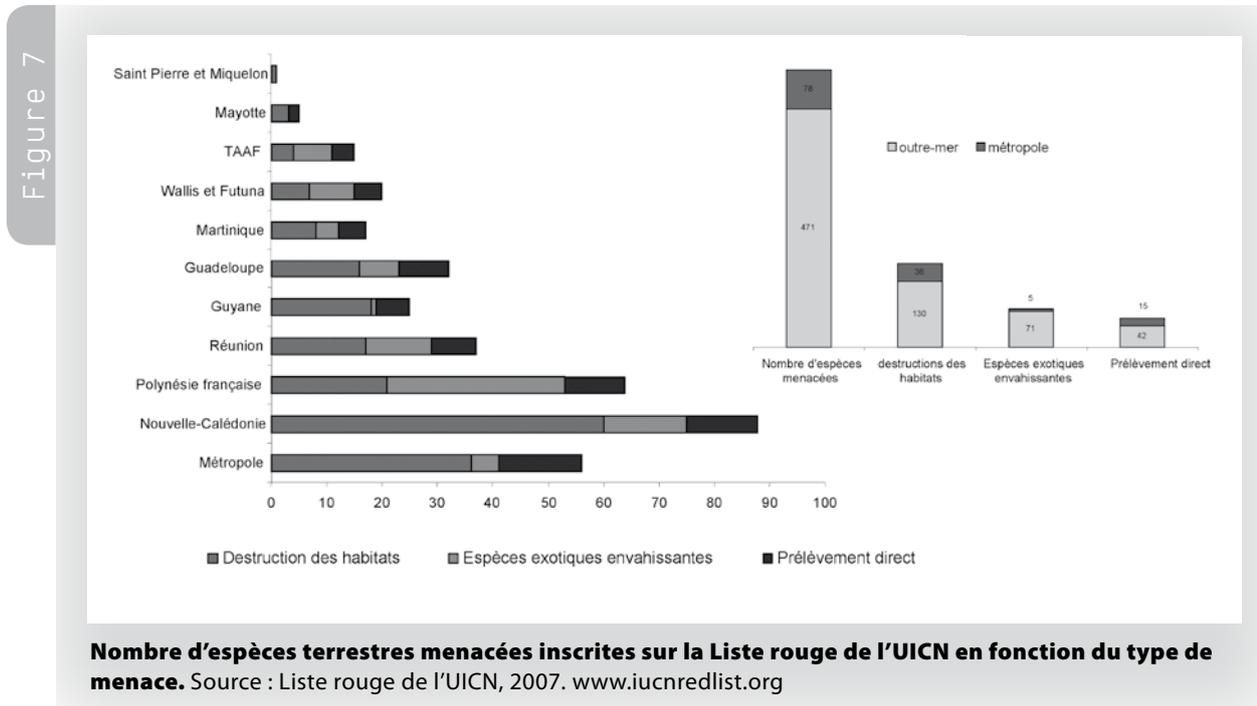
Tableau 9

Espèce	Impacts sanitaires potentiels pour l'homme
Achatine	Vecteur potentiel de la méningite à éosinophile
<i>Aedes aegypti</i> , <i>Aedes albopictus</i>	Vecteur du virus de la Dengue, du Chikungunya (<i>Aedes albopictus</i>)
Chat	Vecteur et réservoir de la pasteurellose, toxoplasmose, maladie des griffes du chat
Mangouste	Vecteur et réservoir de la rage, de la leptospirose
Souris grise, rat surmulot	Vecteur et réservoir de la leptospirose
Rat noir	Vecteur et réservoir de la leptospirose, peste, bilharziose
Tortue de Floride	Vecteur et réservoir de la salmonellose

^{viii}La fièvre du West Nile est une maladie virale dont le cycle sauvage implique comme vecteur un moustique et comme réservoir l'avifaune sauvage. Cette zoonose transmise majoritairement par des moustiques du genre *Culex*, touche les oiseaux d'élevage (canards, poules, etc.) et secondairement les chevaux et les hommes qui sont des impasses épidémiologiques.

Une menace majeure pour les écosystèmes et les espèces d'outre-mer

La deuxième menace pour les espèces en danger d'extinction



Selon la Liste rouge de l'UICN (2007), **15% des espèces terrestres menacées de l'outre-mer français le sont à cause des espèces exotiques envahissantes**, ce qui en fait la deuxième menace après la destruction des habitats (Figure 7). Ce constat est une sous-estimation importante de la réalité, l'impact de nombreuses EEE n'étant pas connu. De plus l'importance relative des menaces représentées par les EEE est variable en fonction des taxons considérés. En considérant uniquement le groupe des oiseaux, sur les 75 espèces classées menacées, 54 ont subi les effets directs (prédation, compétition) ou indirects (destructions des habitat) d'espèces introduites^{ix} (Tableau 10).

Exemples d'espèces d'oiseaux indigènes ou endémiques menacées par des prédateurs introduits.

Tableau 10

Menace	Collectivité	Espèce indigène	Statut UICN
Mangouste	Martinique	Moqueur à gorge blanche (<i>Ramphocinclus brachyurus</i>)	EN
Rats	Réunion	Echenilleur de La Réunion (<i>Coracina newtoni</i>)	EN
	Nouvelle Calédonie	Perruche d'Ouvéa (<i>Eunymphicus uvaeensis</i>)	EN
	Polynésie française	Monarque de Tahiti (<i>Pomarea nigra</i>)	CR
	TAAF	Puffin à menton blanc (<i>Procellaria aequinoctialis</i>)	VU
Chat	Réunion	Pétrel de Barau (<i>Pterodroma baraui</i>)	EN
	Nouvelle-Calédonie	Pétrel de Gould (<i>Pterodroma leucoptera</i>)	VU
Chien	Nouvelle-Calédonie	Cagou (<i>Rhynchetos jubatus</i>)	EN
Busard de Gould	Polynésie française	Rousserolle à long bec (<i>Acrocephalus caffer</i>)	VU
		Pigeon impérial polynésien (<i>Ducula pacifica aurorae</i>)	EN
		Loriouet bleu (<i>Vini peruviana</i>)	VU

^{ix} D'après la Liste rouge des espèces menacées (www.iucnredlist.org). Collectivités: Guyane, Polynésie française, Terres Australes et Antarctiques françaises, Guadeloupe, Martinique, Mayotte, Nouvelle-Calédonie, Réunion, Saint-Pierre et Miquelon, Wallis et Futuna. Catégories de la Liste rouge: CR, EN, VU. Principales menaces: 1.5=Invasive alien species (directly impacting habitat); 2= Invasive alien species (directly affecting the species).

■ Des extinctions d'espèces

D'après la Liste rouge de l'UICN (2007), l'action prédatrice de rats, de chats et de chiens introduits par les hommes est citée parmi les causes d'extinctions documentées de 11 espèces d'oiseaux survenues dans les CFOM. Pour 5 espèces (*Gallirallus pacificus*, *Pomarea pomarea*, *Prosobonia ellisi*, *Prosobonia leucoptera*, *Ptilinopus mercierii*), toutes de Polynésie française, les prédateurs exotiques sont cités comme la seule cause de l'extinction.

C'est dans l'outre-mer français qu'a pris place une des plus grandes crises d'extinction moderne consécutive à l'introduction d'une espèce. L'escargot carnivore de Floride introduit en Polynésie française à des fins de contrôle biologique contre l'achatine est directement responsable de l'extinction de près de 57 espèces de partulidés (d'autres escargots) dont 29 sur la seule île de Raiatea qui comptait 33 espèces connues. Cette introduction est aussi responsable de l'extinction de tous les escargots endémiques de la région appartenant au genre *Trochomorpha*, à l'exception des deux espèces de l'île de Tahiti^[58-60].

Mais globalement peu d'extinctions documentées d'espèces dans l'outre-mer sont uniquement dues aux impacts d'espèces exotiques. C'est bien souvent un ensemble de facteurs (destruction des habitats, surexploitation, prédation par des rats...) qui ont conduit des espèces à l'extinction.

■ Des régressions d'espèces

La plupart des EEE conduisent à un appauvrissement des communautés végétales et animales indigènes. Des plantes exotiques envahissantes comme le raisin marron, le goyavier-fraise (*Psidium cattleianum*), le lantana, *Leucaena leucocephala*, *Acacia* spp. deviennent rapidement dominantes dans les paysages et entrent en compétition avec les espèces indigènes. Ce qui peut être particulièrement problématique quand les habitats envahis sont réduits à l'état de reliques ou rares comme les forêts sèches ou semi-sèches de Nouvelle-Calédonie ou de La Réunion, ou les forêts littorales de Polynésie française.

Les populations sauvages ou en semi-liberté de cochons, de bétail, de chèvres, de moutons et de cervidés observées aux Saintes en Guadeloupe, dans des îles de Polynésie française, en Nouvelle-Calédonie, dans les TAAF ou à Saint-Pierre et Miquelon, causent à des degrés divers des destructions du couvert végétal et des régressions d'espèces indigènes sous l'action de leur pâturage et de leur piétinement. En Nouvelle-Calédonie, le cerf de Java (*Cervus timorensis russa*) est responsable avec le lapin de Garenne (*Oryctolagus cuniculus*) de la réduction de la surface de la forêt sèche de l'îlot Leprédour et de l'extinction présumée du *Pittosporum tianianum* arbre endémique de l'îlot^[61], redécouvert depuis. Sur l'île Amsterdam (TAAF), les troupeaux de bovins en liberté menaçaient les colonies d'albatros d'Amsterdam (*Diomedea amsterdamensis*), espèce endémique, et les derniers peuplement de *Phylica arborea*, le seul arbre indigène des Terres australes^[20, 62].

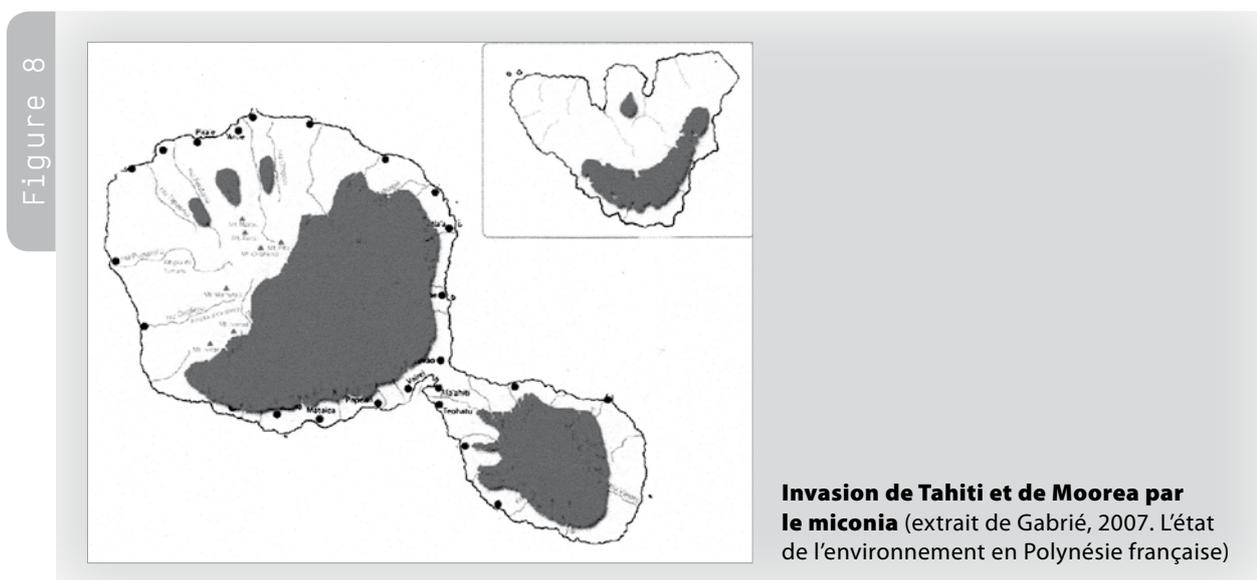
Concernant les prédateurs introduits, il n'y a guère de doute à avoir sur les dégâts que peuvent causer les populations sauvages ou en semi-liberté de chats (*Felis catus*), de chiens (*Canis familiaris*), ou de mangoustes (*Herpestes auropunctatus*) sur les oiseaux et les reptiles indigènes^[63-66]. Les faunes lacustres et d'eau douce d'outre-mer sont menacées par des tilapias introduits connus ailleurs pour leurs conséquences catastrophiques. L'impact écologique des oiseaux introduits est peu documenté. Le martin triste ou le bulbul à ventre rouge affectent les espèces indigènes par compétition pour la nourriture ou les sites de reproduction. Le busard de Gould (*Circus approximans*) et le grand-duc de Virginie (*Bubo virginianus*) en Polynésie française agissent directement par prédation sur les œufs, les oisillons ou les adultes^[67].

Plus rarement, des espèces exotiques pourraient se croiser avec des espèces indigènes. En Guadeloupe, des individus hybrides résultant du croisement entre l'iguane commun (*Iguana iguana*) introduit et l'iguane des Petites Antilles (*Iguana delicatissima*), endémique des Petites Antilles, sont observés^[23]. En Nouvelle-Calédonie, le canard colvert (*Anas platyrhynchos*) pourrait s'hybrider avec le canard à sourcils (*Anas superciliosa*) indigène^[38]. L'hybridation entre le canard colvert et le canard à sourcils indigène a été décrite en Nouvelle-Zélande^[68, 69].

Enfin des animaux introduits peuvent être des réservoirs et des vecteurs d'agents pathogènes (arboviroses, varioles, hémoparasites...) pouvant contaminer des populations d'espèces indigènes. Le ros-signal du Japon (*Leiothrix lutea*), originaire de l'Himalaya et introduit à La Réunion, est connu pour être un réservoir du parasite *Plasmodium relictum* responsable de la malaria des oiseaux qui est à l'origine de l'extinction de près d'une dizaine d'espèces endémiques à Hawaï^[70].

Effets sur le fonctionnement, la composition et la structure des écosystèmes

L'impact majeur des EEE relève le plus souvent de l'altération des processus écologiques en place. Des plantes exotiques envahissantes peuvent être à l'origine d'un changement significatif de la composition, de la structure et du fonctionnement des écosystèmes en modifiant la luminosité, le taux d'oxygène dans l'eau, la chimie des sols, le cycle des éléments nutritifs, le régime des feux, les interactions plantes animaux etc. Une seule espèce peut altérer le fonctionnement d'un écosystème. Ainsi à Tahiti, l'arbuste miconia (*Miconia calvenscens*) forme des couverts denses monospécifiques où la lumière arrivant au sol est extrêmement réduite. Il empêche toute régénération de plantes indigènes et endémiques en sous bois, et favorise l'érosion du sol par suppression de la couverture herbacée. Près de 80 000 ha ont été envahis à Tahiti et entre 40 à 70 espèces de plantes endémiques sont directement menacées de disparition^[46, 71, 72] (Figure 8).



Réputées avoir envahis plus de 80% des îles du monde^[73], les trois espèces de rats, le rat noir (*Rattus rattus*), le rat surmulot (*R. norvegicus*) et le rat du pacifique (*R. exulans*), ont toutes la réputation d'avoir contribué à la disparition de nombreux taxons indigènes, notamment de l'avifaune et de l'herpétofaune. Dans les CFOM, elles sont impliquées dans la régression de plusieurs espèces d'oiseaux endémiques comme par exemple les monarques (*Pomarea* spp.) de Tahiti et des Marquises, la perruche d'Ouvéa (*Eunymphicus uvaensis*) en Nouvelle-Calédonie, l'échenilleur de La Réunion (*Coracina newtoni*), ou plusieurs espèces de pétrels dans les TAAF. Les rats contribuent également à modifier la composition spécifique et la dynamique des communautés végétales en consommant des graines de plantes endémiques rares, comme le santal (*Santalum insulare*) en Polynésie française ou l'*Ochrosia inventorum* en Nouvelle-Calédonie^[74-76], et en favorisant la dispersion de certaines plantes exotiques envahissantes (ex : *Miconia calvenscens*, *Psidium cattleianum*). De par leurs impacts multiples, les rats sont de véritables « transformateurs d'écosystèmes ».

Les fourmis envahissantes représentent une des plus grandes menaces pour de nombreuses espèces d'invertébrés ou de petits vertébrés indigènes ou endémiques et peuvent affecter l'ensemble du fonctionnement d'un écosystème. La fourmi électrique ou petite fourmi de feu altère la structure et le fonctionnement des écosystèmes en éliminant la majorité des invertébrés dans les zones infestées, tout en favorisant certains autres, et en diminuant nettement la diversité et la densité de certains petits vertébrés comme les lézards^[77-79]. C'est l'une des plus grandes menaces pour la biodiversité néo-calédonienne et polynésienne et une source d'importantes nuisances pour les populations^[55, 80].

Les espèces potentiellement envahissantes : des bombes à retardement

Le développement économique actuel des CFOM conduit inévitablement à une augmentation du risque d'introduction d'espèces. Les espèces susceptibles d'envahir ces régions se comptent par plusieurs centaines voire par milliers et il est impossible ici d'en dresser la liste. Pour limiter ces risques d'introduction, une attention particulière doit être portée sur les espèces encore non présentes sur le territoire mais réputées envahissantes dans d'autres régions à conditions climatiques et écologiques similaires. C'est, par exemple, le cas de la fourmi de feu (*Solenopsis invicta*), de *Clidemia hirta* ou du serpent brun arboricole (*Boiga irregularis*), dont les arrivées en Nouvelle-Calédonie ou en Polynésie française seraient de véritables catastrophes. Des animaux ou des plantes maintenus en captivité (ex : tortue de Floride, écureuil, reptile) ou en élevage (ex : black bass, écrevisses, cochons) peuvent constituer une menace s'ils venaient à s'échapper ou à être relâchés dans la nature.

De nombreuses espèces exotiques déjà naturalisées ou en cours de naturalisation ne manifestent pas aujourd'hui de caractère envahissant mais pourraient le devenir dans un futur proche si les conditions écologiques du milieu venaient à être modifiées en leur faveur. Les plantes ont un temps de latence plus ou moins important entre le moment de leur naturalisation et celui où elles se révèlent envahissantes. Ces espèces « dormantes » constituent de véritables bombes écologiques à retardement. Il apparaît clairement qu'à la vue des vagues d'introductions massives qu'ont connues les collectivités françaises d'outre-mer, les conséquences écologiques des introductions d'espèces ne se sont encore que partiellement exprimées.

Encadré 5

Espèces parmi les plus envahissantes au monde présentes dans les collectivités d'outre-mer^[81]

Sur les 100 espèces parmi les plus envahissantes au monde listées par le GISP (Programme mondial sur les espèces envahissantes), 49 sont présentes dans les collectivités françaises d'outre-mer et doivent à ce titre faire l'objet d'une attention particulière. Il s'agit :

- **des arbres** : *Spathodea campanulata*, *Acacia mearnsii*, *Schinus terebinthifolius*, *Pinus pinaster*, *Melaleuca quinquenervia*, *Miconia calvescens*, *Cecropia peltata* ;
- **du cactus** : *Opuntia stricta*
- **des arbustes** : *Lantana camara*, *Leucaena leucocephala*, *Ligustrum robustum*, *Psidium cattleianum*, *Mimosa pigra*, *Ulex europaeus*
- **des herbacées** : *Arundo donax*, *Imperata cylindrica*, *Hedychium gardnerianum*, *Clidemia hirta*, *Lythrum salicaria*, *Fallopia japonica*, *Ardisia elliptica*, *Sphagneticola trilobata* ;
- **des lianes** : *Hiptage benghalensis*, *Mikania micrantha* ;
- **des plantes aquatiques** : *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* ;
- **des vertébrés** : *Chaunus marinus* (anciennement *Bufo marinus*), *Salmo trutta*, *Cyprinus carpio*, *Micropterus salmoides*, *Oreochromis mossambicus*, *Oncorhynchus mykiss*, *Acridotheres tristis*, *Pycnonotus cafer*, *Trachemys scripta elegans*, *Felis catus*, *Capra hircus*, *Mus musculus*, *Sus scrofa*, *Oryctolagus cuniculus*, *Rattus rattus* et *Herpestes auropunctatus*.
- **des invertébrés** : *Lissachatina fulica*, *Euglandina rosea*, *Bemisia tabaci*, *Aedes albopictus*, *Pheidole megacephala*, *Anoplolepis gracilipes*, *Wasmannia auropuncta*

Des espèces listées ci-dessus sont indigènes dans certaines collectivités et ne peuvent donc pas être considérées dans ce cas comme des espèces exotiques envahissantes ou à surveiller, même si elles ont un impact très négatif ailleurs (ex : *Mikania micrantha* est indigène dans les Antilles françaises et exotique envahissante en Polynésie française).

Dans le futur, le changement climatique et la diffusion des espèces exotiques envahissantes interagiront de manière significative. Ce changement ne fera pas que fournir un climat plus favorable aux espèces exotiques, mais il perturbera profondément le fonctionnement des écosystèmes, permettant à un grand nombre d'espèces exotiques, inoffensives pour l'instant, de devenir envahissantes (Encadré 6). Avec les changements globaux annoncés, les EEE risquent de prendre une place de plus en plus importante dans les écosystèmes.

Encadré 6

Espèces exotiques envahissantes et réchauffement climatique dans les TAAF^[82, 83] et IPEV

Dans les îles australes françaises (îles Kerguelen, archipel Crozet, îles Amsterdam et Saint Paul), les espèces introduites proviennent essentiellement des régions tempérées et ont dû s'acclimater à un environnement contraignant. La mouche bleue *Calliphora vicina*, arrivée dans les années 1970 aux îles Kerguelen, vivait réfugiée dans les bâtiments chauffés des bases scientifiques sans pouvoir boucler son cycle de reproduction. Dans les années 1980, une augmentation de la température de quelques dixièmes de degrés a permis le déroulement complet de son cycle. Elle a ainsi commencé à coloniser la région et à entrer en compétition pour l'accès aux ressources avec une mouche aptère indigène (*Anatalanta aptera*). De même, des plantes exotiques aujourd'hui au développement limité pourraient avec quelques dixièmes de degrés supplémentaires augmenter considérablement leur pouvoir de dissémination et devenir de ce fait une réelle menace pour la flore indigène. Le pissenlit, originaire des régions tempérées, se développe déjà sur de grandes surfaces à Kerguelen à la faveur du changement climatique.

LES ENGAGEMENTS INTERNATIONAUX, NATIONAUX ET LOCAUX



Conventions et engagements internationaux

Les conventions internationales ratifiées par la France s'appliquent dans toutes les collectivités d'outre-mer sauf réserves ou quand celles-ci ne sont pas concernées par le champ géographique de la convention.

Plusieurs conventions traitant de la protection de la biodiversité et envisageant le contrôle des espèces exotiques envahissantes ont été ratifiées par la France. Parmi ces textes, les plus significatifs sont :

- la Convention sur la diversité biologique (Rio, 1992) ;
- la Convention sur les zones humides (Ramsar, 1971) ;
- la Convention relative au commerce international des espèces sauvages et menacées d'extinction (Washington, 1973) ;
- la Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune et à la flore sauvage (Bonn, 1979) ;
- la Convention sur la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (Berne, 1979).

La Convention sur la diversité biologique (CDB) est le seul traité international à prévoir une approche globale des espèces exotiques envahissantes. Il est demandé que chaque Partie contractante, « dans la mesure du possible et selon qu'il conviendra, empêche d'introduire, contrôle ou éradique les espèces exotiques qui menacent des écosystèmes, des habitats ou des espèces » (Article 8(h)). Cette obligation s'applique aussi bien aux milieux marins et aquatiques qu'aux milieux terrestres et à toute espèce animale ou végétale, y compris les ressources génétiques.

La plupart des CFOM sont couvertes par des conventions régionales pour la protection de l'environnement envisageant la limitation des introductions d'espèces exotiques ou leur contrôle. Il s'agit par exemple :

- de la Convention pour la protection et la mise en valeur du milieu marin dans la région des Caraïbes (Cartagena de Indias, 1983) et son Protocole relatif aux zones et à la vie sauvage spécialement protégées (Kingston, 1990) ;
- de la Convention pour la Protection, la Gestion et la Mise en Valeur du Milieu Marin et des Zones Côtières de l'Afrique de l'Est (Nairobi, 1985) et son Protocole sur les aires protégées et la faune et la flore sauvage dans la région est-africaine ;
- de la Convention sur la protection de la nature dans le Pacifique Sud (Apia, 12 juin 1976, amendée à Guam le 9 Octobre 2000) ;
- de la Convention sur la protection des ressources naturelles et de l'environnement de la région du Pacifique Sud (Nouméa, 1986) ;
- de la Convention portant création du Programme régional océanien de l'environnement (Apia, 1993) ;
- du Traité de l'Antarctique et le Protocole de Madrid relatif à la protection de l'environnement (4 octobre 1991).

A côté de ces instruments, des recommandations d'organismes internationaux ont été émises pour la prévention et le contrôle des introductions d'espèces. Au niveau international, l'UICN a notamment proposé un guide complet pour la préservation de la biodiversité menacée par des invasions d'espèces introduites^[3]. En 2003, l'Europe a adopté, sous la convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe, une « stratégie européenne en matière d'espèces exotiques envahissantes » (Encadré 7). La Stratégie paneuropéenne de la diversité biologique et paysagère fait également des EEE une question

spécifique. La cinquième Conférence ministérielle « *Un environnement pour l'Europe* » (Résolution de Kyiv sur la biodiversité, 2003), a réaffirmé avec force la volonté d'enrayer l'appauvrissement de la diversité biologique à tous les niveaux d'ici 2010. Il a été notamment déclaré : "D'ici 2008, la Stratégie européenne relative aux espèces exotiques envahissantes, élaborée dans le cadre de la Convention de Berne et pleinement compatible avec les principes directeurs de la Convention sur la diversité biologique, sera mise en oeuvre par la moitié au moins des pays de la région paneuropéenne, à travers des stratégies et des plans d'action nationaux en faveur de la biodiversité".

Dispositions européennes

Le dispositif européen relatif aux espèces exotiques envahissantes est fragmenté et fait actuellement l'objet d'une analyse approfondie. La protection phytosanitaire et zoosanitaire relève de la compétence communautaire et nécessite des mesures harmonisées au niveau des Etats membres. Les DOM, en tant que Régions Ultra-Périphériques, appliquent également cette réglementation élaborée en conformité avec les normes et codes de la Convention Internationale sur la Protection des Végétaux CIPV et de l'OEPP (Organisation Européenne et méditerranéenne pour la Protection des Plantes). La Directive 2000/29/CE établit des procédures standardisées en matière des inspections aux frontières et à l'intérieur des pays (introductions depuis les pays tiers, certificats et passeports phytosanitaires, reconnaissance de zones indemnes...). La prise en compte des espèces potentiellement envahissantes est maintenant en cours d'acceptation dans le cadre de la réglementation phytosanitaire européenne, comme le prévoit la CIPV depuis 2005.

Deux dispositions relatives aux espèces envahissantes sont intégrées à la réglementation communautaire pour l'application de la CITES (Règlement 338/97/CE modifié relatif à la protection des espèces de faune et de flore sauvages par le contrôle de leur commerce)^{xi}. Parmi les 4 espèces interdites d'importation en Europe, l'une d'elles, l'érisma rousse (*Oxyura jamaicensis*) est indigène en Martinique et en Guadeloupe, 2 RUP de l'Europe, ce qui aboutit à une incohérence juridique.

Le réseau Natura 2000, qui est l'instrument de mise en oeuvre de la Directive Oiseaux (Directive 79/409/CEE) et la Directive Habitats (Directive 92/43/CEE), dans lesquelles les Etats membres veillent à ce que l'introduction intentionnelle dans la nature d'une espèce non indigène à leur territoire soit réglementée afin de ne porter aucun préjudice aux habitats naturels ni à la faune, n'est pas applicable dans les RUP françaises^{xii} (article L. 414-7 CE). Néanmoins, une partie de l'outil financier correspondant (LIFE) est applicable dans les RUP.

Les EEE sont évoquées de façon très générale dans la Stratégie communautaire en faveur de la diversité biologique et dans les quatre plans d'action sectoriels qui l'accompagnent (Conservation des ressources naturelles; Agriculture; Pêche; Coopération économique et au développement). Aucun de ces instruments de politique générale, complémentaires des stratégies et mesures nationales, ne comporte d'éléments d'analyse adaptés à la spécificité de l'outre-mer.

Pour les milieux aquatiques, la Directive Cadre Eau (Directive 2000/60/EC) identifie les EEE parmi les critères biologiques à prendre en compte lors de la réalisation d'un état des lieux et la mise en place d'un programme de surveillance et de mesures correctives. Le Règlement n° 708/2007 du Conseil relatif à l'utilisation en aquaculture des espèces exotiques et des espèces localement absentes, appelle les Etats membres à veiller à ce que toutes les mesures appropriées soient prises afin d'éviter tout effet néfaste sur la biodiversité, qui pourraient résulter de l'introduction ou du transfert à des fins aquacoles d'organismes aquatiques ou d'espèces non visées.

^{xi} Quatre espèces sont actuellement frappées d'une interdiction d'importation : *Trachemys scripta elegans*, *Chrysemys picta*, *Rana catesbeiana* et *Oxyura jamaicensis*

^{xii} Contrairement aux RUP françaises, les directives « oiseaux » et « habitats » sont applicables aux autres RUP de l'Union Européenne (Açores, Madère et Canaries).

^{xiii} Publication SN137-F.pdf, à télécharger <http://www.coe.int/t/f/>

Application régionale des Principes Directeurs de la CDB : l'exemple de la stratégie européenne relative aux espèces exotiques envahissantes

La Convention sur la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (Berne, 1979) demande aux Parties de contrôler strictement l'introduction des espèces non indigènes (Article 11(2) (b)). Sur la base de cette disposition, plusieurs recommandations juridiques et techniques ont été élaborées (voir <http://www.coe.int/>)

En 2003, après trois ans de consultations, la *Stratégie européenne* a été approuvée par le Comité Permanent de la Convention^{xiii}. Elle encourage l'élaboration et la mise en œuvre de mesures coordonnées et de coopération dans la région afin de prévenir et de minimiser les effets nocifs des espèces exotiques envahissantes sur la biodiversité ainsi que sur l'économie, la santé et le bien être.

Plusieurs pays européens sont en train de développer des stratégies alignées sur la Stratégie européenne, dont la Croatie, l'Ukraine et le Royaume Uni.

Engagements nationaux

Au niveau national et local, les autorités ont pris ces dernières années plusieurs engagements pour améliorer la conservation de la biodiversité et la lutte contre les espèces exotiques envahissantes. La Stratégie Nationale pour la Biodiversité, adoptée en 2004 par le Gouvernement, définit l'outre-mer comme une priorité et souligne l'urgence d'un renforcement de l'action dans le domaine de la lutte contre les invasions biologiques. Elle propose notamment :

- l'établissement de critères de sélection et la constitution de listes d'espèces exotiques envahissantes menaçant les écosystèmes, les habitats et les espèces indigènes ;
- la mise en place de plans de lutte correspondants ;
- la maîtrise des voies de passage des principales espèces invasives par la mise en place de mesures de détection et d'intervention rapide;
- l'achèvement de la réglementation ;
- la mise en place d'un observatoire au rôle d'alerte et de veille scientifique (par exemple, activation du réseau des Conservatoires Botaniques Nationaux, dans le cas des plantes).

Les plans d'actions locaux des collectivités françaises d'outre-mer élaborés dans le cadre de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité abordent chacun la problématique à des degrés variables (voir les plans locaux de chaque collectivité).

En novembre 2007, les conclusions du Groupe de travail "biodiversité et ressources naturelles" du Grenelle de l'environnement et le plan d'action "Vers un outre-mer exemplaire" du Secrétariat d'Etat à l'Outre-Mer, font des espèces exotiques envahissantes une des priorités d'action pour la biodiversité d'outre-mer.

UN CADRE JURIDIQUE INCOMPLET ET FRAGMENTÉ

L'analyse des outils juridiques portant sur les espèces exotiques envahissantes dans les collectivités françaises d'outre-mer a fait l'objet d'un rapport spécifique réalisé par Clare Shine, juriste spécialisée en droit de l'environnement.

L'Etat est le principal garant de la conservation de la nature dans les quatre DOM, les collectivités de Saint-Pierre et Miquelon, de Mayotte, de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy et dans les Terres australes et antarctiques françaises. La législation nationale en matière de prévention et de gestion des espèces exotiques envahissantes joue donc un rôle déterminant dans les cadres réglementaires de ces collectivités.

Alors que les EEE sont aujourd'hui reconnues au niveau mondial comme l'une des principales menaces pour la biodiversité, le cadre législatif national applicable dans ces collectivités ne correspond pas dans son état actuel aux engagements internationaux de la France relatifs à la prévention et au contrôle des EEE. Plus particulièrement, il ne permet pas une gestion adéquate du risque que posent les invasions biologiques aux petits territoires insulaires dont la biodiversité est plus riche et plus vulnérable que celle de la métropole.

Les cadres réglementaires des collectivités varient de façon importante. Certaines reproduisent assez fidèlement le schéma législatif national, d'autres comme La Réunion ou Mayotte l'adaptent, dans la mesure du possible, pour tenter de mieux prévenir et gérer les EEE. Mais certains arrêtés récemment pris dans ces collectivités sont confrontés à des problèmes de régularité (absence de fondement) ce qui plaide en faveur de la création d'un mécanisme juridique cohérent à l'échelle nationale. Les collectivités du Pacifique, Wallis et Futuna, la Polynésie française et la Nouvelle-Calédonie ont la compétence territoriale environnementale et peuvent prendre des dispositions pour réglementer les introductions d'espèces, leur transport, leur commerce, etc.

Retard dans l'application de l'article L.411-3 du Code de l'Environnement

L'article L. 411-3 du Code de l'Environnement (loi Barnier) pose des règles générales sur l'introduction d'espèces non indigènes dans les milieux naturels. Il n'en reste pas moins, plus de 10 ans après sa publication, difficilement applicable, en raison de l'absence de listes d'espèces interdites à l'introduction. La réforme de cet article avec le décret d'application du 4 janvier 2007, après la décennie perdue de 1995-2005, est positif. Un premier travail est en cours, à l'échelle de la métropole, sur des listes de plantes exotiques envahissantes interdites au commerce qui seront finalisées en 2008 après une concertation avec les professionnels^{xiv}. Malgré la valeur de la biodiversité d'outre-mer, la préparation de listes d'espèces pour adoption par arrêtés interministériels n'a pas été considérée comme une priorité pour les DOM. En attendant, ces derniers ne peuvent pas adopter leurs propres listes d'espèces par arrêté préfectoral, même en matière de lutte.

En l'absence de listes permettant de réglementer les introductions d'espèces potentiellement envahissantes, certains DOM ont exploité les régimes zoosanitaires et phytosanitaires^{xv} ou celui de détention d'animaux non domestiques^{xvi} afin de réduire l'offre commerciale. Or, ces cadres ne sont pas adaptés aux spécificités insulaires.

Contraintes associées aux listes négatives

Les mesures réglementaires citées plus haut reposent principalement sur des listes négatives d'espèces interdites à l'importation. La procédure d'inscription est souvent longue et n'intervient que trop tardivement, c'est à dire quand l'espèce est déjà considérée comme envahissante par les autorités. Le nombre d'espèces dont l'introduction est interdite est très réduit par rapport au très grand nombre d'espèces potentiellement envahissantes susceptibles d'être introduites. Ainsi des espèces non inscrites sur ces listes et n'ayant fait l'objet d'aucune analyse de risque peuvent être librement introduites ou vendues dans le commerce.

Un dispositif mieux adapté au contexte de l'outre-mer prendrait la forme d'un système de double liste avec une liste positive d'espèces évaluées à un niveau de risque acceptable et une liste des espèces interdites d'introduction car reconnues comme présentant un risque d'invasion avéré. L'avantage de ce système est de déclencher une analyse du risque pour toute introduction de nouvelle espèce non listée. Des systèmes de ce type sont déjà en place en Nouvelle-Zélande et en Australie, développés conformément aux principes et aux conditions des accords de l'OMC. A La Réunion, le CSRPN a rédigé une motion sur l'article L. 411-3 pour le Ministère de l'écologie demandant un changement de la réglementation afin de pouvoir élaborer simultanément une liste positive des plantes sans risque d'invasion autorisées à

^{xiv} Un premier arrêté du 2 mai 2007 interdit la commercialisation, l'utilisation et l'introduction dans le milieu naturel de *Ludwigia grandiflora* et *Ludwigia peploides*, deux espèces de jussie.

^{xv} Arrêtés du ministère de l'Agriculture du 03/09/1990 ; 31/07/2000 ; 24/05/2006

^{xvi} Loi du 2 février 1995 (art. L 212-1 du Code Rural), les articles L 412-1 et L413-2 du Code de l'Environnement et les deux arrêtés du 10 août 2004 du Ministère de l'Agriculture et du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable

l'introduction, une liste des plantes interdites d'introduction car reconnues comme présentant un risque d'invasion avéré, et que toute introduction de nouvelle espèce soit soumise à une analyse de risque permettant de la classer dans une des listes.

Des mesures réglementaires de contrôle éparpillées

Comme dans beaucoup de pays, les mesures réglementaires de prévention ou de lutte sont éparpillées dans plusieurs textes, selon que l'espèce relève de la réglementation agricole (organismes de quarantaine/nuisibles aux végétaux), du domaine sanitaire (populations sauvages d'animaux domestiques), de la chasse, de la pêche, de l'environnement, sous la compétence de services différents avec des mandats différents. Cette fragmentation réduit la visibilité des mesures réglementaires et peut augmenter le risque de conflits ou de lacunes dans leur exécution.

Aucune prise en compte des espèces exotiques envahissantes dans le milieu marin

Dans toutes les CFOM, le dispositif réglementaire applicable à la mer ne traite pas des risques d'invasions biologiques marines sauf, dans une mesure limitée, en interdisant les introductions dans les aires marines protégées. Alors que les eaux de ballast sont le vecteur mondial le plus important d'espèces exotiques marines (Encadré 4), la France n'a pas encore ratifié la Convention internationale pour le contrôle et la gestion des eaux et sédiments de ballast de l'Organisation Maritime Internationale (13 février 2004). Il est urgent qu'elle procède à cette ratification.

La complexité des prérogatives administratives dans le milieu marin complique la définition de mesures au niveau local. Le Domaine Public Maritime relève de l'autorité exclusive de l'Etat mais l'articulation entre les mandats respectifs des ministères concernés (Agriculture et pêche, Transport, Environnement, Défense) est mal définie. A l'exception des TAAF, aucune autre collectivité ne réglemente les voies et les vecteurs marins d'introduction.

A cela s'ajoute le manque critique de connaissances sur la biodiversité marine en général et sur les espèces marines envahissantes en particulier.

DES DISPOSITIFS DE BIOSÉCURITÉ À DÉVELOPPER

Conditionnée par les règles communautaires du marché unique, la réglementation des importations sur le territoire des DOM se limite essentiellement aux mesures phytosanitaires et zoosanitaires. Les contrôles portent principalement sur l'absence de maladies chez des spécimens des espèces couvertes par la réglementation et des systèmes de contrôle et de quarantaine sont donc appliqués conformément aux standards phytosanitaires et zoosanitaires internationaux ou locaux en vigueur.

Le dispositif actuel de limitation des introductions d'espèces exotiques, basé sur la création de liste d'espèces interdites à l'importation, et adopté par la Convention Internationale sur la Protection des Végétaux (CIPV), correspond mal aux besoins des CFOM car les règles alignées sur le marché unique ne tiennent pas compte des spécificités des territoires insulaires éloignés. Dans l'état actuel de la législation, il est impossible pour un DOM d'interdire l'entrée sur son territoire d'un spécimen d'une espèce exotique en raison de son caractère potentiellement envahissant à moins que l'espèce ne relève de la réglementation phytosanitaire ou zoosanitaire ou de la CITES.

Les collectivités archipélagiques (Guadeloupe, Nouvelle-Calédonie, Polynésie française, Wallis et Futuna, TAAF, Saint-Pierre et Miquelon), ont des contraintes supplémentaires qui se traduisent localement par l'absence de contrôles des liaisons aériennes et maritimes inter-îles. Les îles habitées principales sont

d'une part les principaux points d'entrée des EEE et d'autre part les îles les plus envahies. Elles constituent de ce fait une source de dispersion d'EEE vers les autres îles de l'archipel.

En dépit des principes de la Convention sur la diversité biologique, la mise en oeuvre généralisée de dispositifs de contrôle et de quarantaine vis-à-vis des EEE menaçant la biodiversité, reste insuffisante et souffre de l'absence de méthodes standardisées d'analyse de risque d'invasion. La poursuite actuelle des introductions d'espèces dans les CFOM témoigne des limites des mesures phytosanitaires et zoosanitaires, d'un système de biosécurité faible et de l'absence de procédure de détection précoce et de réaction rapide. L'absence ou le manque de formation des agents de la police phytosanitaire ou des douanes à la reconnaissance des espèces potentiellement envahissantes et le manque d'outils d'aide à la reconnaissance et de bases d'information facilement consultables sont des obstacles de plus à l'efficacité des contrôles. Cette situation contraste violemment avec les contrôles draconiens des introductions par les autorités néo zélandaises ou australiennes par exemple.

L'INDISPENSABLE MISE EN PLACE DE CADRES STRATÉGIQUES

La Stratégie Nationale pour la Biodiversité et les plans d'actions locaux proposent des mesures générales, dont l'établissement de critères de sélection pour les listes d'espèces envahissantes, l'activation de réseaux de suivi et la veille scientifique. Cependant, il n'est pas prévu une approche transversale et globale pour définir les priorités, les responsabilités respectives et les mesures de sensibilisation. La prévention, le suivi et la gestion des invasions biologiques se font généralement espèce par espèce au lieu d'être intégrés aux politiques et programmes de développement durable, d'aménagement du territoire, de gestion des transports et du milieu marin.

L'absence de stratégie nationale et locale sur les invasions biologiques contribue fortement au manque de réactivité des collectivités face à de nouvelles invasions et ne facilite pas la mise en oeuvre d'actions et le développement de politiques, de mesures et d'objectifs déterminants et prioritaires, en fonction du temps disponible et de leur faisabilité. Au niveau de l'Etat, le relais est souvent insuffisant et se traduit localement par des financements inadéquats par rapport aux besoins en terme de prévention, de moyen de lutte et de recherche.

Certains Etats membres de l'Union Européenne ont d'ores et déjà adopté une démarche transversale. Par exemple, la Grande Bretagne a conduit depuis 2001 un audit transversal des mesures existantes, a constitué des groupes de travail pluridisciplinaires et a créé le *Non-native species secretariat* (<http://www.nonnativespecies.org/>).

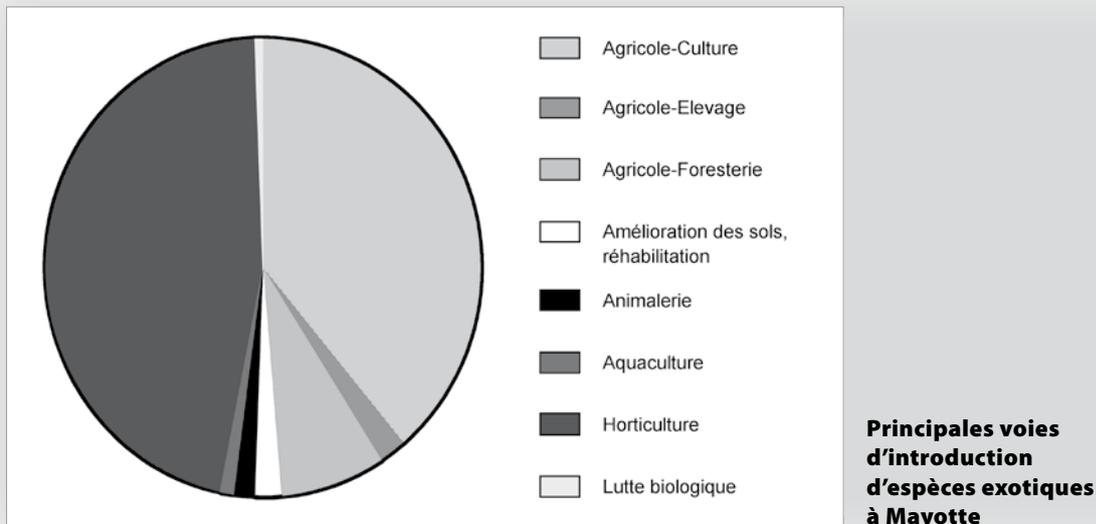
VERS UNE PRISE DE CONSCIENCE COLLECTIVE DES ENJEUX

Il existe un grand écart entre le niveau de connaissance, de concertation et de sensibilisation des différentes collectivités. La prise de conscience est évidemment plus avancée dans les territoires ayant subi des impacts importants. La Réunion et la Polynésie française ont été les précurseurs en outre-mer dans la mobilisation contre les invasions biologiques. La prise de conscience y a été plus précoce qu'en France métropolitaine. Cependant, de nombreux exemples d'introductions volontaires ou par négligence témoignent à quel point la prise de conscience des enjeux liés aux EEE est encore faible (Figure 9).

Alors que l'industrie horticole est considérée au niveau mondial comme la principale source de dissémination de plantes exotiques envahissantes, de nombreuses espèces envahissantes continuent d'être vendues dans les jardinerie ou les pépinières comme les plantes aquatiques *Salvinia molesta*, *Eichhornia*

crassipes ou *Pistia stratiotes*. L'aménagement du territoire comme le verdissement des bords de routes, des ronds points, des espaces publics est essentiellement réalisé à base d'espèces exotiques ornementales sélectionnées pour leurs critères esthétiques et économiques, parfois même pour leur caractère de robustesse et de croissance rapide (cas des plantes de couverture pour la stabilisation des talus routiers) sans prendre en considération leur potentiel envahissant. Le tulipier du Gabon (*Spathodea campanulata*) aux belles fleurs rouges, planté comme arbre d'ornement et d'ombrage dans la majorité des collectivités tropicales d'outre-mer est l'une des espèces les plus envahissantes au monde et envahit par exemple les vallées de Tahiti. Le paradoxe est qu'au même moment des sommes considérables sont dépensées dans le monde pour lutter contre ces plantes.

Figure 9



Au niveau mondial, plus de 280 espèces ligneuses utilisées en foresterie et 200 utilisées en agroforesterie sont considérées comme des espèces exotiques envahissantes^[84]. Le pin des Caraïbes (*Pinus caribaea*), une des espèces forestières les plus largement plantées dans collectivités tropicales d'outre-mer, se naturalise et devient envahissant par endroits dans le Parc national de la Guadeloupe, en Polynésie française et en Nouvelle-Calédonie où il est une des rares espèces capable de coloniser les sols ultrabasiques du maquis minier^[85].

De nombreuses plantes exotiques, principalement des graminées ou des plantes fourragères, introduites initialement pour la diversification agricole ou l'amélioration des pâturages, sont actuellement considérées comme envahissantes (ex : *Leucaena leucocephala*, *Ulex europaeus*, *Acacia* spp., *Penisetum* spp., *Panicum* spp.).

La mode des nouveaux animaux de compagnie et de cage est à l'origine de nombreuses introductions d'espèces. On peut citer par exemple la récente naturalisation d'une espèce d'écureuil (*Funambulus pennantii*) en Guadeloupe^[25], de nombreuses espèces d'oiseaux (l'astrild ondulé, le bulbul Orphée, le foudi de Madagascar, le serin du Cap, le tisserin gendarme, la perruche ondulée, etc.) ou encore la trachémyde à tempes rouges (*Trachemys scripta elegans*), connue sous l'appellation tortue de Floride. Bien que cette tortue soit interdite au commerce depuis 1997, d'autres sous-espèces de *T. scripta* et d'autres espèces de

Encadré 8

Les plantes ornementales envahissantes : un problème émergent

Avec le développement des activités de jardinage et d'agrément, de nombreuses plantes exotiques ornementales sont proposées à la vente dans les hypermarchés, les jardineries, les pépinières, sans considération pour leur potentiel envahissant. Les organismes chargés de l'aménagement du territoire, et notamment des aménagements publics, ne tiennent pas compte des risques environnementaux liés à l'utilisation d'espèces exotiques reconnues mondialement pour être envahissantes comme l'arbuste *Tecoma stans*, le tulipier du Gabon ou l'herbe de la Pampa (*Cortaderia selloana*). A La Réunion, plus de la moitié des plantes exotiques envahissantes majeures ont été introduites pour leur intérêt ornemental. Présentes dans de nombreux jardins privés, le nombre réel de ces espèces ornementales potentiellement envahissantes, bien que sans aucun doute important, reste difficile à estimer.

tortues d'eau douce continuent d'être vendues et leur implantation dans le milieu naturel est un risque potentiel important.

Bien que le nombre d'actions de sensibilisation et d'éducation se soit considérablement accru ces dernières années (articles de presse, reportages télévisuels, plaquettes et dépliants), la prise de conscience du grand public, des professionnels, des étudiants et des décideurs demeure insuffisante. La connaissance des enjeux reste encore très limitée. En outre, les actions menées de manière ponctuelle, sont le fait d'une grande variété d'organismes (associations, administrations, établissements publics, collectivités, organismes de recherche,...) sans réelles approches coordonnées ni stratégiques.

LES LIMITES EN MATIÈRE DE LUTTE

Le manque de stratégie, de moyens et d'intérêt

La principale limite des stratégies de lutte classiquement adoptée est l'absence de hiérarchisation des priorités de lutte. Bien souvent une espèce exotique n'est déclarée ou perçue envahissante qu'à partir du moment où elle forme des couverts denses, que ses populations sont visibles et que des modifications de la faune ou de la flore indigènes sont perceptibles. C'est à dire quand elle est déjà hors des possibilités de contrôle économiquement acceptables. Si des perturbations spectaculaires sont facilement perceptibles, la plupart ne sont décelées que si elles sont spécifiquement recherchées, ce qui est rarement le cas.

La surveillance des espaces naturels est, par faute de moyens financiers et humains, insuffisante et des réactions rapides de contrôle sont rarement engagées pour des espèces autres que des ravageurs ou pathogènes de cultures. Pourtant, la réactivité, notamment celle des pouvoirs publics, est un facteur clé de succès du contrôle d'une espèce exotique envahissante et de limitation des coûts. Les systèmes de surveillance sont pour la plupart embryonnaires même si La Réunion ou la Nouvelle-Calédonie envisagent l'intégration de la surveillance des EEE aux observatoires en place ou prévus. Mayotte ou Wallis et Futuna sont handicapées par l'absence d'inventaires adéquats pour chaque groupe biologique, ce qui entrave la détection précoce et la réaction rapide aux nouvelles invasions.

Le contrôle des espèces exotiques envahissantes est régulièrement confronté au manque d'intérêt, de volonté et de moyens financiers et humains dédiés, autant de facteurs qui réduisent l'efficacité des programmes. Les actions de lutte sont généralement fragmentées et ne s'intègrent que rarement dans des programmes de gestion intégrée. Une multiplicité d'acteurs peut être impliquée dont les activités et les investissements ne sont pas toujours bien coordonnés. Alors que le suivi sur le long terme des programmes de lutte doit être une nécessité (régénération des espèces indigènes, problèmes de réinfestations, perturbations provoquées par les méthodes de lutte, évaluation du succès, etc.), il n'est souvent pas possible de le faire, faute de financements pérennes. Les efforts de lutte se heurtent également aux coûts ou à l'absence de main d'œuvre formée pour la gestion des invasions (Tableau 11). A titre d'exemple, une étude réalisée à La Réunion a estimé que l'éradication d'un hectare de longose (*Hedychium gardnerianum*) coûte 24 000 euros pour 172 j/homme^[86].

Des lacunes juridiques

En l'absence de maîtrise foncière, il est difficile d'intervenir. Le droit d'intervention est limité au domaine public (forêts domaniales, aires protégées, sites ENS du Département ou sites du CELRL...). A quelques exceptions près^{XVII}, aucune mesure ne permet d'accéder aux propriétés privées pour appliquer ou faire appliquer des mesures de contrôle. Ceci revient à laisser des réservoirs d'espèces envahissantes à proximité des sites faisant l'objet de programmes de lutte coûteux. En conséquence, les programmes sont souvent limités au domaine public et conduits par les gestionnaires publics ou des associations.

^{XVII} Cf à La Réunion, l'arrêté préfectoral de lutte contre le bulbul Orphée donne de tels pouvoirs à la FDGDON.

La légalité des mesures de contrôle est conditionnée par le statut juridique de l'espèce concernée. Les mesures réglementaires pour contrôler les espèces envahissantes sont éparpillées entre plusieurs textes et ne bénéficient pas d'une grande lisibilité. En outre, l'articulation entre les différents services compétents, les gestionnaires et les autres acteurs du terrain peut poser des difficultés.

Une autre difficulté concerne le statut juridique des espèces. Des lacunes, des conflits ou des zones de flou juridique concernent en particulier :

- des plantes exotiques envahissantes n'ayant pas le statut d'organisme de quarantaine/nuisible aux végétaux ;
- des espèces animales envahissantes n'ayant pas le statut d'animaux nuisibles ;
- des espèces exotiques protégées automatiquement en raison de la protection d'un groupe entier d'espèces ;
- la protection d'une espèce introduite qui devient envahissante ultérieurement ;
- les poissons/crustacés introduits qui sont classés comme déjà représentés dans les eaux douces d'un territoire.

L'absence d'un statut approprié ou l'existence d'un statut inapproprié, comme par exemple la protection d'une espèce exotique, peut empêcher la prise des mesures de contrôle nécessaires.

Les collectivités dépendant de la compétence nationale sont particulièrement confrontées à ce problème en attendant l'adoption de listes d'espèces à contrôler dans le cadre de l'art.L. 411-3-III du CE. Cet article est le seul outil juridique à prévoir le contrôle des EEE qui perturbent l'équilibre du milieu naturel ou menacent la biodiversité indigène. L'autorité administrative compétente demeure le ministre (art R.411-1). Il est donc impossible pour les services déconcentrés d'un DOM de faire adopter un arrêté préfectoral pour procéder aux mesures (même intérimaires) de contrôle. En conséquence, cette disposition n'est pas opérationnelle dans les DOM en attendant l'adoption de listes adaptées à leur spécificité écologique^{xviii}.

La prise en charge des rongeurs et des populations ensauvagées d'animaux domestiques est généralement insuffisante. L'action de l'autorité administrative compétente (souvent la commune) se limite aux milieux urbains à des fins de salubrité publique et n'est pas toujours à la hauteur du problème (ex. à Mayotte, à La Réunion, ou en Guyane) et les réactions de la société civile sont parfois démesurées lorsqu'il s'agit par exemple des chiens ou des chats. Les cadres réglementaires en vigueur n'abordent pas les mesures de contrôle dans les lieux isolés et difficiles d'accès, sauf pour les aires protégées. En outre, des collectivités (Mayotte, Guyane) ne disposent pas encore des fourrières prévues au Code Rural.

Exemples de financements engagés pour le contrôle d'espèces exotiques envahissantes

Tableau 11	Actions	Financement
	Lutte contre une trentaine de plantes exotiques envahissantes à La Réunion	2 millions € /an sur le domaine forestier (financement du Conseil Régional, de l'Europe, de l'Etat, du Conseil Général et de l'ONF)
	Lutte et campagne de communication contre la fourmi électrique (<i>Wasmannia auropunctata</i>) à Tahiti	415 000 euros pour deux campagnes
	Lutte biologique contre le miconia (<i>Miconia calvescens</i>) et campagne de lutte mécanique en Polynésie française	Le coût du programme de lutte biologique (2000-2005) est de 10 millions de CFP. Le coût d'une campagne de lutte mécanique contre le miconia à Raiatea est de 1 à 2 millions de CFP (14 à 27 millions depuis 1992)
	Lutte contre quelques plantes envahissantes à Mayotte	Entre 2003 et 2006, environ 100 ha ont été traités. A raison de 2 400 €/ha, cette opération, au résultat incertain, a coûté 240 000 €
	Restauration des cordons dunaires dégradés par des chevaux en liberté ou semi-liberté à Saint-Pierre et Miquelon	848 euros/m ² de cordon dunaire
	Programme d'éradication du rat noir sur l'île d'Australia (20 km ²), Golfe du Morbihan, Kerguelen	150 000 €

^{xviii} Un département en métropole a utilisé cette disposition en amont sans attendre l'adoption d'une liste par arrêté interministériel. En l'occurrence, l'espèce cible était un oiseau sauvage dont le statut de *res nullius* permettait une destruction par tous moyens, dont celui des battues administratives décidées par le préfet (L.427-6 du CE). La Martinique a également pris un arrêté autorisant la destruction de l'iguane commun par les agents de l'ONCFS.

Des conflits d'intérêts nombreux

De nombreux conflits d'intérêts s'opposent à la mise en place de programmes de lutte mais également de programmes de recherche.

Exemples d'utilisations connues de quelques espèces végétales exotiques envahissantes à Mayotte^[87]

Tableau 12

Espèces	Fourrage	Fruits	Médecine	Bois d'oeuvre	Bois de chauffe	Reboisement	Ornement
<i>Albizia lebbek</i>	x		x	x	x	x	x
<i>Acacia mangium</i>						x	
<i>Cinnamomum verum</i>		x	x				
<i>Lantana camara</i>			x				x
<i>Leucaena leucocephala</i>	x						
<i>Litsea glutinosa</i>	x		x	x	x	x	x
<i>Psidium catteianum</i>		x		x	x		
<i>Spathodea campanulata</i>				x	x		x

Plusieurs espèces, parfois parmi les plus envahissantes, sont jugées utiles et profondément ancrées dans les cultures, d'autres ont une valeur économique ou sociale importante. Ainsi, des plantes exotiques envahissantes servent de fourrages, de bois de construction ou de bois de chauffe, d'alimentation, à la pharmacopée, au maintien des sols, etc. (Tableau 12). Les plantes ornementales envahissantes sont bien souvent au centre de conflits d'intérêts entre ceux qui en font le commerce et les gestionnaires et conservateurs de la nature. Par exemple, l'hortensia (*Hydrangea macrophylla*), a été planté dans les années 1970 à La Réunion le long des pistes forestières mais il est devenu hautement envahissant. La population ne comprend pas toujours pourquoi cette espèce, qui a un moment donné a fait l'objet de campagnes de promotion, doit être aujourd'hui contrôlée. En Nouvelle-Calédonie, le cerf rusa a acquis une telle importance culturelle, nutritionnelle et économique qu'en 1957 Barrau et Devambezi écrivaient déjà que « nul Néo-calédonien, qu'il soit Européen ou autochtone, ne concevrait, aujourd'hui, son île sans cerf : l'effigie de ce dernier figure sur les billets de banque... et sur bien d'autres symboles de la Nouvelle-Calédonie »^[88]. En Polynésie française, les échanges de plantes sont une tradition et une passion, et l'élevage de cochons et de chèvres laissés en liberté pour la chasse est une activité traditionnelle.

Encadré 9

Le cas de la gestion des espèces indigènes envahissantes

A la faveur de modifications du milieu, des espèces végétales indigènes peuvent développer un caractère envahissant, se propager rapidement et former des couverts monospécifiques au détriment d'autres espèces indigènes. Ainsi à Mayotte, certaines espèces de lianes indigènes (ex : *Saba comorensis*, *Entada rheedii*), étouffent la canopée des forêts et ont un impact important sur leur régénération. Le niaouli (*Melaleuca quinquenervia*), le bois de fer (*Casuarina collina*) ou l'*Acacia spirorbis*, espèces indigènes de Nouvelle-Calédonie, montrent le même genre de comportement envahissant dans des zones anthropisées dégradées de cette collectivité. Si l'éradication des espèces indigènes envahissantes n'est pas nécessaire ni prioritaire, il convient de limiter leur diffusion en évitant de les déplacer volontairement mais surtout en évitant toute nouvelles ouvertures (sentiers, pistes, layons, incendies...) et perturbations dans les massifs forestiers naturels. Ces espèces indigènes peuvent être des espèces potentiellement envahissantes pour d'autres régions du monde et il est donc important de communiquer avec les pays voisins sur les risques d'introduction de ces espèces.

UN NÉCESSAIRE EFFORT DE RECHERCHE

Devant la reconnaissance croissante du rôle des EEE dans l'érosion de la biodiversité, la recherche a connu ces dernières années un essor important. La question des espèces envahissantes a été appréhendée en France d'abord en outre-mer à l'île de La Réunion dès la fin des années 1980 avec l'appui de l'expertise sud-africaine^[89] puis en Polynésie française au début des années 1990. Un appui à la recherche sur les invasions biologiques a été entrepris ces dernières années. En 1997, le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE) mettait en place le programme Ecosystèmes Tropicaux en liaison avec ECOFOR dont une des thématiques était l'étude de la capacité de résistance des espèces endémiques faces notamment aux invasions biologiques. En 2000 et 2001, le MEEDDAT lançait le Programme Invabio pour une durée de 5 ans dont 5 projets (sur 30) concernaient les collectivités françaises d'outre-mer. Au niveau des collectivités, des travaux ont également été entrepris et se sont traduits par de nombreuses publications scientifiques concernant principalement l'analyse des stratégies d'invasion et de l'invasibilité^{XIX} des écosystèmes, la mise au point de méthodes de gestion, la spatialisation et la modélisation des phénomènes d'invasions, et l'élaboration de programmes de lutte biologique.

Encadré 10

L'importance de la recherche taxonomique et archéozoologique : l'exemple du racoon en Guadeloupe

Les populations de racoon, ou raton laveur, des Bahamas, de Barbade et de la Guadeloupe ont longtemps été considérées comme endémiques à chacune de ces îles (*Procyon minor* en Guadeloupe, *Procyon maynardi* aux Bahamas et *Procyon gloveralleni* aux Barbades). Mais des travaux de génétique^[90, 91], historiques et biogéographiques^[21, 92, 93] ont conclu que les ratons laveurs caribéens ne pouvaient pas être distingués du raton laveur nord américain *Procyon lotor* et qu'il ne faisait aucun doute que ces différentes populations ont été introduites depuis l'Est des Etats-Unis, il y a peut être plusieurs siècles. L'introduction du raton laveur en Guadeloupe daterait du début du 19^{ème} siècle^[25].

Les conséquences de ces travaux sont potentiellement larges. Le raton laveur, espèce exotique omnivore et ubiquiste, représente une menace écologique potentielle pour la biodiversité de ces îles. A la lumière de ces informations, les mesures réglementaires (espèce intégralement protégée) et l'image officielle (emblème du Parc National de Guadeloupe) donnée à l'espèce devraient être reconsidérées puisqu'il s'agit sans équivoque d'une espèce introduite et abondante dans son aire de répartition originelle et dont l'impact sur les écosystèmes n'est pas négligeable^[91].

Bien que ces efforts aient été significatifs, ils furent trop réduits et trop fragmentés ne favorisant guère les synergies entre la recherche et les besoins de gestion et la définition commune de priorités de recherche. Alors que les populations d'espèces exotiques constituent d'excellents modèles pour appréhender de nombreux sujets scientifiques, le financement des activités de recherche reste insuffisant.

Les impacts de la majorité des EEE demeurent méconnus et sans aucun doute largement sous-évalués. **L'impact écologique ou socioéconomique de près de 80% des espèces de vertébrés représentées par des populations exotiques dans les CFOM n'est pas documenté localement.** L'impact écologique des plantes exotiques envahissantes majeures comme le *Lantana camara*, les *Psidium* spp., les *Acacia* spp. demeure inexploré ainsi que les modes de compétition en jeu. Les phénomènes d'introgression génétique, consécutifs à l'installation d'espèces exotiques, restent à explorer. Alors que les invertébrés aux impacts économiques comme les mouches des fruits ou sanitaires comme les moustiques sont relativement bien documentés, très peu de travaux concernent l'impact des invertébrés exotiques sur la biodiversité indigène. Les coûts indirects des invasions biologiques, comme les conséquences de la dégradation esthétique d'un site, du déclin d'une espèce endémique, ou de la diminution des services rendus par les écosystèmes, ne sont jamais estimés. Peu de collectivités ont développé une politique volontariste de recherche d'espèces locales de substitution et de méthodes de multiplication des espèces indigènes.

^{XX} Capacité ou vulnérabilité d'un écosystème à être envahi.

DES AVANCÉES SIGNIFICATIVES À SOUTENIR

Mise en place de Comités locaux

Des comités locaux de réflexion et d'action ont vu le jour dans plusieurs collectivités. Ces comités sont constitués des acteurs de la recherche, de la gestion des milieux naturels, de la réglementation et du développement rural, des associations, ainsi que des instances décisionnelles.

En Polynésie française, un premier comité interministériel de lutte contre le miconia et les autres espèces végétales menaçant la biodiversité est créé en 1998. En 2006, ce comité, réunissant notamment les services de l'environnement, de l'agriculture et de la recherche, est remplacé par le Comité de lutte contre les espèces menaçant la biodiversité avec un mandat élargi à l'ensemble des espèces exotiques envahissantes. A La Réunion, après une prise de conscience ancienne datant du début des années 1980 et diverses études scientifiques et d'expérimentation, un comité des invasions biologiques a été créé en mars 2003 puis réactivé en 2005 dans le cadre du CSRPN. Une étude de préfiguration est également en cours de développement depuis 2007 pour la mise en place d'une cellule permanente de veille et d'intervention précoce sur les invasions biologiques qui associerait tous les acteurs. En Nouvelle-Calédonie, un groupe technique s'est constitué en 2004 et réunit des représentants des quatre collectivités (les 3 provinces et la Nouvelle-Calédonie), de l'État et des organismes de recherche et associe depuis peu les ONG et le Programme de conservation des forêts sèches.

Des initiatives d'ampleurs régionales

Des initiatives régionales de coordination ont été amorcées comme en témoignent des séminaires régionaux dans l'océan Indien (Seychelles, 2003^{xx}), en Polynésie française (Tahiti, 1997^{xxi}; Moorea 2007^{xxii}), ou en Nouvelle-Calédonie en 2003^{xxiii}). Les assises de la recherche dans l'océan Indien en 2002 et dans le Pacifique en 2004, ont souligné le rôle des EEE dans la perte de biodiversité des îles françaises. L'expertise collégiale sur les espèces exotiques envahissantes de Nouvelle-Calédonie est le résultat d'une collaboration internationale entre des experts de la Nouvelle-Calédonie, de la Polynésie française, d'Hawaii et d'Australie^[48].

Actuellement, le programme de recherche français ALIENS^{xxiv} est mené par 5 équipes travaillant sur la problématique des mammifères introduits dans les écosystèmes insulaires. Les résultats de ce programme devraient permettre de mieux comprendre l'impact des espèces introduites sur le fonctionnement des écosystèmes insulaires et la dynamique des espèces indigènes et de dégager des priorités en termes de restauration écologique des îles les plus menacées. Les Terres australes françaises, les îles Eparses, les îlots français des Caraïbes, Clipperton et l'archipel de Saint-Pierre et Miquelon sont parmi les sites d'études.

Le développement de réseaux ou de programmes régionaux comme le « Pacific Invasives Learning Network (PILN) dans le pacifique, la « Cooperative Initiative on invasive alien species in Islands » (CII) ou encore le « Programme Régional de Protection des Végétaux » (PRPV) dans l'océan Indien témoignent d'une volonté de concertation, de coordination et d'organisation stratégique régionale pour la gestion des invasions biologiques. Des réseaux régionaux et mondiaux de gestion de l'information sont en place comme par exemple le programme DAISIE^{xxv} au niveau Européen, le « Pacific Island Ecosystem at Risk » (PIER) dans le Pacifique, et la base de données mondiale sur les espèces envahissantes (GISD) développée et administrée par l'ISSG.

^{xx} C. Mauremootoo, 2003

^{xxi} Meyer & Smith (eds.), 1997

^{xxii} Atelier PILN

^{xxiii} Blanfort, 2003

^{xxiv} ALIENS : Assessment and Limitation of the Impacts of Exotic species in Nationwide insular Systems

^{xxv} DAISIE : Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe

Le programme mondial sur les espèces envahissantes

Le programme mondial sur les espèces exotiques envahissantes (GISP) a été créé en 1997 sous l'égide de l'UICN, du CABI et du SCOPE dans le but de fournir de l'information et de l'expertise sur les invasions biologiques conformément à l'article 8h de la Convention sur la Diversité Biologique. Son objectif est de permettre la mise en place d'outils efficaces pour améliorer les systèmes de prévention et de contrôle des espèces exotiques envahissantes. Le GISP a développé une base de données internationale sur les espèces envahissantes. Elle est administrée par le groupe de spécialistes des espèces envahissantes de l'UICN (ISSG). Cette base de données consultable en ligne (www.issg.org/database/welcome) contient des informations sur l'écologie, les impacts et les moyens de lutte sur plus de 400 espèces dont près de 150 sont présentes dans les collectivités d'outre-mer.

Vers des stratégies de lutte opérationnelles

Une procédure de détection précoce est développée par l'ONF à La Réunion depuis 2002 (voir Encadré 12). Des essais de hiérarchisation des principales plantes exotiques envahissantes ont été conduits pour mieux organiser la gestion des milieux dans cette collectivité^[52, 94-96].

En 2007, avec l'assistance du PILN et de l'ISSG, la Polynésie française a entamé l'élaboration d'une stratégie de gestion des invasions biologiques déclinée en plans d'action prioritaires.

Procédure de détection précoce et de réaction rapide à La Réunion

Cette procédure lancée en novembre 2002 s'inscrit dans le cadre de la démarche qualité de l'ONF (certification ISO 9001 et 14001). La détection précoce et la réaction rapide sur les espèces potentiellement envahissantes à La Réunion reposent sur la formalisation des différentes observations sur une fiche d'alerte ainsi que sur un réseau territorial d'observateurs sur toute l'île. Une base de données liée à un logiciel SIG a été créée. Plus de 250 signalements concernant une centaine d'espèces exotiques ont été enregistrés et ont débouché sur des chantiers de lutte confirmant l'intérêt d'agir rapidement sur le plan économique et environnemental. A titre d'exemple, l'éradication précoce d'un pied nouvellement détecté d'herbe de la Pampa (*Cortaderia selloana*), plante hautement envahissante, n'aura coûté que 20 €, alors qu'une réaction tardive aurait engendré d'importants coûts d'éradication.

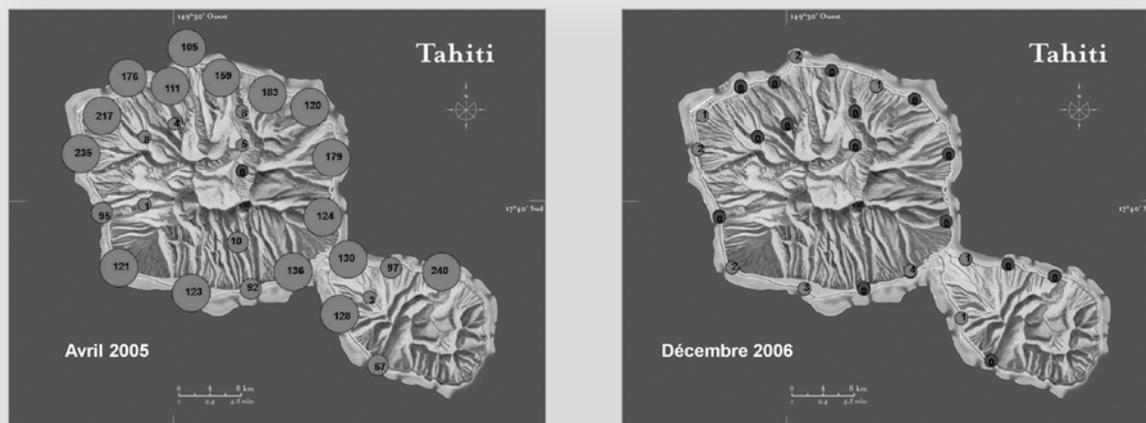
Des programmes de lutte efficaces

Plusieurs programmes de lutte biologique sont en cours en Polynésie française et à La Réunion. En Polynésie française, le programme de lutte biologique contre le miconia initié en 1997 en collaboration avec l'Université de Hawaii et le Department de l'agriculture de Hawaii fait l'objet d'un suivi depuis 2000, date à laquelle un champignon pathogène *Colletotrichum gloeosporioides forma specialis miconiae*, découvert au Brésil et hautement spécifique du miconia, a été introduit. Le programme contre la cicadelle pisseuse (*Homalodisca vitripennis*) mené de 2004 à 2006 par la station de recherche biologique R. Gump de Moorea (Université de Californie à Berkeley), en collaboration avec le Service du Développement Rural, a entraîné une réduction d'abondance de la cicadelle de plus de 90% dans les 10 îles infestées en moins d'un an^[97-99] (Figure 10). A La Réunion, après 10 ans de recherche de lutte biologique contre le raisin marron (*Rubus alceifolius*), l'introduction de la tenthrede *Cibdela janthina* (hyménoptère) a été autorisée par la Préfecture en décembre 2006 et l'insecte est en cours d'acclimatation^[100, 101]. Un programme de lutte biologique contre la laitue d'eau et la jacinthe d'eau est également en cours de développement.

Au moins six espèces de vertébrés ont fait l'objet d'éradications réussies dans au moins 25 localités d'outre-mer (Tableau 13). Les rongeurs commensaux sont les espèces dont l'éradication de populations insulaires a été tentée le plus de fois avec succès. Ces éradications ont eu des effets favorables à l'égard de nombreuses populations d'espèces indigènes, dans la mesure où des suivis scientifiques et techniques avant et après les opérations de lutte ont pu être réalisés. Ainsi l'éradication du rat noir sur les îlets de Sainte Anne en Martinique a généré un accroissement du succès de reproduction du puffin d'Audubon (*Puffinus lherminieri*) de 0 % à 90 % entre 1999 et 2001^[66].

Ces succès d'éradication montrent que si le cadre réglementaire ne s'oppose pas à l'action et que si des ressources financières appropriées sont disponibles pour une surveillance et un suivi scientifique de la zone traitée, ces opérations ont toutes les chances de réussir.

Figure 10



Lutte biologique contre la cicadelle pisseuse à Tahiti.

Abondance de cicadelle pisseuse à Tahiti en avril 2005 (1) et en décembre 2006 (2). (Source : Jérôme petit, 2006)

Essais d'éradication de populations exotiques de vertébrés dans les collectivités françaises d'outre-mer (d'après ^[102] et complété)

Tableau 13

Collectivité	île	Surface terrestre (ha)	Espèce cible	Année	succès
Martinique	Burgeaux	0,49	<i>Rattus rattus</i>	1999/2001/2002	oui
	Percé	0,54	<i>Rattus rattus</i>	1999	oui
	Hardy	2,63	<i>Rattus rattus</i>	1999/2001/2002	oui
	Poirier	2,1	<i>Rattus rattus</i>	1999/2002	oui
Guadeloupe	Fajou	120	<i>Rattus rattus</i>	2001/2002	non
	Fajou	120	<i>Mus musculus</i>	2001	oui
	Fajou	120	<i>Herpestes auropunctatus</i>	2001	oui
TAAF	Ile Verte	150	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	1992/1993	oui
	Ile Guillou	140	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	1994/1995	oui
	Ile Guillou	140	<i>Felis catus</i>	1994/1996	oui
	Ile aux Cochons	165	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	1997-2002	oui
	Grande-Terre	650 000	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	1956	non
	Grande-Terre	650 000	<i>Felis catus</i>	1960/71-77	non
	St Paul	800	<i>Rattus rattus</i>	1996	oui
	St Paul	800	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	1996	oui
	Ile Château	220	<i>Rattus sp.</i>	Entre 2002-2005	oui
	Ile Stoll	60	<i>Rattus sp.</i>	Entre 2002	oui
Mayotte	Ile Australia	2200	<i>Rattus sp.</i>	Entre 2002	oui
	Ilots Hajangoua	6,8	<i>Rattus rattus</i>	2005	oui
Clipperton	Petite Terre		<i>Pycnonotus jocosus</i>	1993	oui
		170	<i>Sus scrofa</i>	1958	oui
Eparses	Ile du Lys	12	<i>Rattus rattus</i>	2003	oui
	Tromelin	100	<i>Rattus rattus</i>		oui
	Europa		<i>Rattus rattus</i>	2007	?
Polynésie française	Atoll Vahanga	382	<i>Rattus exulans</i>	2000	non
	Plusieurs Motus (Gambier)	12 à 30	<i>Rattus exulans</i>	2003	?
	Motu (Atoll Rangiroa)		<i>Rattus exulans</i>	2005	?
Nouvelle-Calédonie	Ilots du lagon sud	0,5 à 7	<i>Rattus sp.</i>	1998	oui
	Ilot Surprise	24	<i>Rattus sp.</i>	2005	oui
	îlots IBA du lagon nord		<i>Rattus sp.</i>		?

Des avancées réglementaires

Parmi les collectivités françaises d'outre-mer qui ont la compétence territoriale environnementale, les cadres réglementaires de Polynésie française, de la Nouvelle-Calédonie et de Wallis et Futuna sont ambitieux et affichent leur volonté de s'aligner sur les dispositifs très stricts de la région Pacifique. La Nouvelle-Calédonie a ainsi renforcé son dispositif réglementaire avec une délibération sur la biosécurité aux frontières et des arrêtés sur l'interdiction d'importation, de transport et de détention de plantes figurant sur une liste d'espèces exotiques envahissantes.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Toutes les collectivités françaises d'outre-mer sont aujourd'hui confrontées à la menace des espèces exotiques envahissantes, directement liée à l'expansion des transports, du commerce et d'activités récréatives qui sont autant de filières d'introduction d'espèces.

Cependant, la connaissance de la situation est très variable d'une collectivité à l'autre. L'impact de la majorité des espèces exotiques envahissantes sur la biodiversité indigène des collectivités d'outre-mer reste mal connu. Mais plusieurs exemples montrent que la situation actuelle des invasions biologiques dans ces territoires est sérieuse, parfois très grave, avec des modifications du fonctionnement des écosystèmes, des régressions et des extinctions d'espèces indigènes et d'espèces endémiques.

Malgré des avancées importantes en termes de recherche, de lutte ou de réglementation, de nombreuses contraintes communes aux collectivités d'outre-mer limitent les actions. Les cadres réglementaires ne permettent pas une gestion appropriée du risque et ne correspondent pas aux engagements pris par la France. Les moyens financiers au regard des enjeux ne sont ni suffisants ni pérennes. L'absence de stratégie et de hiérarchisation des priorités ne facilite pas les synergies entre les acteurs. La sensibilisation des différents publics, dont les responsables politiques, est encore largement insuffisante.

Dans le domaine de la gestion des espèces exotiques envahissantes, les collectivités françaises d'outre-mer offrent pourtant des opportunités uniques du fait de leur isolement et de leur superficie limitée. Ces caractéristiques facilitent d'une part la réalisation et le succès de programmes de contrôle qui ne seraient pas réalisables sur les continents, et d'autre part le développement de stratégies orientées vers l'alerte, la détection précoce et la réaction rapide. A cela s'ajoute la présence d'un réseau dynamique de centres de recherche, d'organismes gestionnaires et d'associations. Alors que la France apparaît en retard sur la connaissance et la gestion des invasions biologiques par rapport à d'autres pays, elle dispose, grâce à ses collectivités d'outre-mer, d'atouts rarement rencontrés ailleurs pour devenir exemplaire dans le domaine de la gestion des invasions.

Enfin, la gestion des espèces exotiques envahissantes ne peut pas se contenter de remèdes palliatifs à court terme. Une politique globale doit être élaborée et partagée avec l'ensemble des partenaires : l'Etat, les scientifiques, les gestionnaires de l'environnement, les collectivités locales, les acteurs privés et les ONG. La mise en oeuvre de cette approche doit être transversale et nécessite des interventions à différents niveaux :

- la prévention, qui représente le moyen le moins coûteux de lutte contre les espèces exotiques envahissantes ;
- la veille et la détection précoce des nouvelles espèces, incluant l'analyse du risque d'invasion ;
- l'intervention rapide, dès qu'une espèce exotique envahissante est signalée, en éradiquant les individus introduits ;
- l'adaptation de la réglementation concernant le commerce, le contrôle des transports, les mesures de contrôle aux frontières et de mise en quarantaine des espèces ;
- l'information et la sensibilisation du public sur les risques liés aux espèces exotiques envahissantes ;
- la lutte à long-terme pour contenir les espèces envahissantes déjà installées (lutte manuelle, mécanique, chimique ou biologique).

Dans le cadre de son initiative spécifique sur les espèces exotiques envahissantes en outre-mer et en se référant aux recommandations émises au niveau international par le GISP^[4] et l'UICN^[3], le Comité français de l'UICN recommande de^{xxvi}:

Bâtir une stratégie nationale et locale contre les espèces exotiques envahissantes par :

■ l'élaboration et la validation de stratégies nationale et locales

Conformément aux décisions de la Conférence des Parties de la Convention sur la Diversité Biologique et en conformité avec la Stratégie nationale pour la biodiversité, une stratégie nationale contre les EEE, prenant pleinement en compte les collectivités d'outre-mer, doit être élaborée et validée prioritairement.

Conformément aux plans d'action locaux pour la biodiversité, les collectivités d'outre-mer doivent s'engager dans l'élaboration et la validation de leur stratégie contre les EEE. Le travail engagé en Polynésie française sur l'élaboration d'une stratégie déclinée en plans d'action prioritaires pourrait servir de modèle de réflexion aux autres collectivités.

Afin que la stratégie nationale contre les EEE permette une véritable prise en compte transversale de la problématique, la mission « espèces envahissantes » du MEEDDAT pourrait être élargie dans tous les domaines d'action du Ministère et promue, via les plans d'action sectoriels de la Stratégie nationale pour la biodiversité, auprès des autres Ministères concernés (chargés de l'outre-mer, de l'agriculture et de la pêche, etc.), dans une perspective de coordination générale des actions.

■ la mise en place de structures locales de coordination

La mise en œuvre d'une stratégie et de plans d'action locaux contre les EEE nécessite la coordination de tous les partenaires et le bon usage des connaissances disponibles. Une structure clairement identifiée doit être chargée de la coordination horizontale (entre les différentes structures et acteurs) et verticale (entre la région, le département, la province, la commune, etc.). Ces structures sont appelées à contribuer à la mise en œuvre des stratégies et des plans d'action locaux, à animer la réflexion sur les axes de recherche à explorer, et à collaborer avec des structures ou des réseaux internationaux ou régionaux afin d'accroître leur propre efficacité. Des structures formalisées existent déjà dans certaines collectivités comme le Groupe de travail sur les invasions biologique à La Réunion et en Nouvelle-Calédonie, ou le Comité de lutte contre les espèces envahissantes en Polynésie française. Il s'agirait de rendre ces groupes complètement opérationnels grâce à des financements propres.

La création d'un réseau permanent de concertation entre l'Etat (ministères chargés de l'environnement, de l'outre-mer, de l'agriculture et de la pêche...) et les structures locales de concertation en outre-mer contribuerait à assurer une visibilité des EEE comme enjeu prioritaire dans l'outre-mer, à soutenir les actions locales et à améliorer l'échange d'informations entre les structures compétentes en matière d'alerte, d'élaboration et de mise en place de protocoles de biosécurité, d'inventaire, de lutte, etc.

^{xxvi} Ces recommandations ont été proposées et validées lors du dernier atelier de travail qui a réuni en février 2008 à Paris l'ensemble des coordinateurs locaux basés dans chacune des CFOM.

■ la création d'un mécanisme national de financement pour la gestion des espèces exotiques envahissantes

Les coûts engendrés par les EEE et leur gestion sont généralement très élevés et sont bien souvent supportés par les gestionnaires d'espaces naturels ou les collectivités. L'enjeu de la mise en place d'un mécanisme national permettant une intervention publique efficace est de modifier le partage des coûts de façon à ce que les responsables des introductions d'espèces contribuent à la restauration des milieux, et de disposer d'un fonds public permettant d'engager rapidement des actions, en situation d'urgence ou à plus long terme. Le principe pollueur-payeur pourrait être mis en œuvre par des taxes ou des contributions instituées sur certaines activités à risque véhiculant des EEE (commerce, tourisme, plantes ornementales, etc.).

■ le développement d'un programme opérationnel sur les espèces exotiques envahissantes dans l'outre-mer français

Conformément aux objectifs du plan d'action outre-mer de la Stratégie nationale pour la biodiversité, aux plans d'action des stratégies locales pour la biodiversité et aux engagements du Grenelle de l'environnement, un programme outre-mer sur les EEE devrait être engagé dès 2009 afin de :

- renforcer les moyens de lutte techniques, financiers et humains adaptés ;
- soutenir la mise en œuvre de mécanismes de veille, d'analyse de risque et d'échange rapide d'information ;
- renforcer la connaissance sur les EEE et sur leurs impacts ;
- mettre en place un réseau coordonné de coopération, d'échange d'informations et de partage d'expériences à l'échelle de l'ensemble des collectivités d'outre-mer.

Développer sans délai la réglementation nécessaire par :

■ l'application effective de la loi Barnier au contexte de l'outre-mer

Pour les DOM, Saint-Pierre et Miquelon et Mayotte, l'article L.411-3 du Code de l'Environnement doit être rendu pleinement opérationnel au contexte de l'outre-mer, conformément aux Principes Directeurs et aux décisions adoptées dans le cadre de la CDB. Il est indispensable de donner la priorité à l'adoption par arrêtés interministériels de listes d'espèces animales et végétales en permettant à chaque collectivité concernée de proposer un système de liste parmi les options suivantes, en fonction des contraintes et du degré d'exigence de protection du milieu :

- une liste positive des espèces autorisées à l'entrée sur le territoire. Toute espèce absente de cette liste est interdite d'entrée sans une autorisation basée sur une analyse scientifique du risque, menée le cas échéant par la personne physique ou morale proposant l'introduction.
- une liste négative des espèces interdites d'entrée. Toute inscription d'une espèce en fonction du danger qu'elle présente pour la santé humaine, animale ou végétale doit être justifiée, le cas échéant par une analyse de risque scientifiquement fondée, objective, transparente et non discriminatoire. Sur les listes négatives doivent figurer des espèces absentes du territoire mais connues ailleurs pour être envahissantes, des espèces présentes non envahissantes mais connues ailleurs pour être envahissantes, et des espèces déjà envahissantes sur le territoire.
- ou une combinaison de ces deux types de liste. C'est l'approche qui offre le plus de sécurité sans pour autant empêcher par principe toute introduction.

La construction de listes d'espèces devra être accompagnée d'un important travail de formation des services en charge de la biosécurité, en particulier sur les groupes biologiques à risque (fourmis, rongeurs, légumineuses...).

■ la mise en oeuvre de dispositions exceptionnelles pour la gestion des animaux domestiques divagants menaçant la biodiversité indigène

Le retour à l'état sauvage d'animaux de compagnie comme les chats et les chiens ou de nouveaux animaux de compagnie (ex: écureuil, reptile, furet) est une cause courante d'invasion biologique dans les CFOM. Des dispositions du Code rural (art. L. 211-11 à 28) visent à contrôler les chiens et les chats errants et la mise en oeuvre de ces dispositions relève de la compétence des communes. Néanmoins, ces espèces ne se cantonnent pas seulement aux milieux urbains et c'est sur la faune sauvage des milieux indigènes qu'elles posent le plus de problèmes. Dans les CFOM où des populations sauvages d'animaux domestiques sont établies dans des lieux souvent isolés et difficiles d'accès, des dispositions exceptionnelles (comme des arrêtés préfectoraux) doivent être prises pour pouvoir agir rapidement afin de protéger la biodiversité indigène (ex : espèces menacées, habitats naturels fragiles).

■ la mise en place de mesures adaptées à la gestion des eaux de ballast pour la protection de la biodiversité marine

Les eaux de ballast des navires sont l'un des principaux facteurs d'invasion biologique en milieu marin. L'application des normes sur les équipements ou méthodes de traitement est prévue à compter de 2009. La France ne doit pas attendre l'entrée en vigueur de ces nouveaux standards pour mettre en place des mesures adaptées à la protection de la biodiversité marine. Ceci d'autant plus que de nombreux systèmes envisagés ne sont pas encore au point ou opérationnels et nécessitent donc des efforts de recherche et de développement.

■ la révision des listes réglementaires d'espèces protégées

En concertation avec les acteurs des DOM, de Mayotte et de Saint-Pierre et Miquelon, le statut de certaines espèces inscrites sur les listes réglementaires (listes des arrêtés du 10 août 2004, listes d'espèces protégées et listes de poissons représentés en eaux douces), notamment les espèces dont le caractère exotique et potentiellement envahissant est avéré, devrait être reconsidéré. Le déclassement d'une espèce est une procédure longue et complexe. Il doit s'appuyer sur les meilleures données scientifiques et, dans le cas du déclassement d'une espèce exotique protégée, son impact sur les écosystèmes ou les espèces indigènes et endémiques devra être clairement démontré.

Renforcer la biosécurité par :

■ le renforcement des capacités de contrôle aux frontières

Afin de répondre à l'augmentation des volumes de marchandises échangés et des flux touristiques croissants, le renforcement de l'inspection à l'entrée du territoire est fondamental et nécessite :

- l'augmentation des capacités humaines, techniques et financières de contrôle aux points d'entrée ;
- l'amélioration de la formation des inspecteurs à la reconnaissance des espèces ou des groupes d'espèces susceptibles de représenter une menace et le développement d'outils d'aide à la reconnaissance (système d'identification assistée par ordinateur, bases de données, etc.) ;
- l'évaluation du niveau du risque de l'espèce au moment de l'importation. La création d'un système d'analyse du risque d'invasion ou l'adaptation des systèmes existants aux cas des espèces exotiques envahissantes est indispensable et urgente ;
- la vigilance et la surveillance des filières les plus à risque : produits horticoles, aquaculture, animaleries, matériaux de construction, etc. ;
- des campagnes d'information du public dans les aéroports et les ports.

Les mesures qui doivent être prises pour limiter les introductions d'espèces exotiques depuis l'extérieur du territoire doivent également être mises en application à l'intérieur des territoires archipélagiques (ex : Polynésie française, Nouvelle-Calédonie, Wallis et Futuna, Guadeloupe) en appliquant le contrôle aux mouvements inter-îles.

■ la réorganisation de la procédure d'instruction des dossiers d'autorisation d'introduction d'espèces en associant les différents services administratifs concernés (agriculture, environnement, équipement...) et en faisant appel si besoins aux avis d'experts

L'instruction des dossiers d'autorisation d'introduction d'espèces est généralement réalisée par des services vétérinaires pour ce qui concerne les animaux (les DSV dans les DOM) et des services de protection des végétaux pour ce qui concerne les plantes (les SPV dans les DOM), et seule la dimension phytosanitaire ou zoosanitaire est prise en compte.

L'instruction des dossiers doit mieux prendre en compte les risques environnementaux potentiels d'une introduction d'espèce en recourant de façon systématique à la consultation des services en charge du patrimoine naturel et des experts locaux ou régionaux, notamment pour les espèces qui ne seraient pas inscrites sur les listes d'espèces interdites d'importation. La consultation et la mise en réseau d'experts scientifiques sont une composante essentielle du processus d'évaluation. Il s'agit de permettre aux services instructeurs et décideurs de travailler à partir des données les plus exhaustives possibles et de s'accorder un temps de décision suffisamment important au vu des délais nécessaires pour que soient constatés des dégâts potentiels.

■ l'application systématique de l'analyse du risque pour toutes demandes d'autorisation d'introduction volontaire et/ou d'utilisation d'une espèce exotique

Dans le cas d'introductions volontaires répondant à un besoin identifié (animaux de compagnie, horticulture, aquaculture, chasse, restauration écologique, foresterie...), l'autorisation d'introduction d'une espèce exotique doit être systématiquement soumise à une expertise préalable statuant sur le risque lié à l'introduction de l'espèce. Ces analyses de risque contribueront à dresser des listes de surveillance et à étayer les restrictions imposées par la réglementation. Les résultats des analyses de risque pourraient être listés en annexe de la réglementation et servir ainsi de référence. Un premier travail d'analyse de risques d'invasion réalisé sur une cinquantaine de plantes potentiellement envahissantes des DOM est aujourd'hui disponible^[103].

La construction d'infrastructures (routes, bâtiments, structures de loisirs ...) peut favoriser les introductions d'EEE ou d'espèces potentiellement envahissantes. Or, l'aspect paysager figure parmi les préoccupations environnementales que les ouvrages doivent respecter. L'application de l'étude d'impact avec une analyse des risques d'introduction doit être systématiquement étendue à toute décision publique impliquant l'éventuelle introduction d'espèces non indigènes (art. L. 122-1 CE).

■ l'acquisition par les CFOM de la compétence d'instruction des analyses de risque

Compte tenu de l'importance accordée aux analyses de risque, il est essentiel que les CFOM acquièrent la compétence pour instruire ce type d'analyses. Ce système scientifique basé sur les caractéristiques biologiques de l'espèce exotique peut être utilisé au moment de la demande d'importation, mais également par les gestionnaires d'espaces naturels afin de mieux déceler les espèces exotiques potentiellement envahissantes, identifier celles qui nécessitent une action précoce ou un suivi, et estimer les impacts potentiels économiques, sanitaires et écologiques à long terme.

■ la construction indispensable d'infrastructures de quarantaine et d'analyse

Une des principales lacunes en termes de biosécurité dans les CFOM vient de l'absence ou de la vétusté des stations de quarantaine végétales et animales et des laboratoires d'identification. Ces structures sont pourtant des éléments incontournables d'un système destiné à estimer le risque d'une introduction volontaire (par exemple des végétaux à risque destinés à être plantés ou cultivés). Seul un investissement significatif des collectivités et de l'Etat permettra de combler ces limites et de fournir les moyens de sécuriser les opérations de contrôle phytosanitaire et zoosanitaire.

■ le financement pérenne de programmes régionaux de biosécurité

Dans le cadre de partenariats commerciaux responsables, la France métropolitaine, les CFOM et les pays tiers devraient s'assurer qu'aucune EEE sur leur territoire ne puisse être exportée vers un autre territoire qui en est indemne. L'approche régionale de la biosécurité trouve tout son intérêt dans l'élaboration de listes d'espèces communes aux collectivités et aux pays voisins dont l'importation doit être évitée, ou dans la définition et la mise en œuvre de plans d'action spécifiques au niveau régional (ex : le PRPV, le Plan de prévention contre les fourmis envahissantes dans le Pacifique ou le protocole d'accord entre La Réunion et l'île Maurice pour éviter la diffusion du ver blanc, ravageur de la canne à sucre, vers l'île Maurice).

Les programmes régionaux de biosécurité offrent l'occasion aux organismes liés à l'agriculture et à la conservation de la biodiversité de travailler ensemble sur la mise en place d'outils de quarantaine et doivent donc être soutenus. La pérennisation de programmes régionaux de biosécurité pourrait se faire le cas échéant au travers des contrats de développement Etat-collectivités.

Favoriser des programmes de lutte opérationnels, orientés vers la détection précoce et la réaction rapide par :

■ la création de cellule de veille, de détection et d'intervention rapide

L'objectif d'une telle cellule doit être :

- de créer les moyens et les conditions permettant de suivre en permanence et en temps réel l'évolution des populations des espèces exotiques envahissantes ;
- de détecter, le plus tôt possible, tout nouveau cas d'invasion ;
- et de se doter des moyens opérationnels et coordonnés de lutte sur le terrain.

Des protocoles de détection et d'éradication précoce des espèces exotiques potentiellement envahissantes, ainsi qu'un réseau de surveillance basé sur la formation d'experts locaux pour l'interception, la détection et la lutte (ex : gardes forestiers, naturalistes amateurs, ONG) devront être développés. Le travail engagé à La Réunion depuis 2007 pour la mise en place d'une cellule permanente de veille et d'intervention précoce sur les invasions biologiques pourrait servir de modèle aux autres collectivités.

■ la création d'un fonds d'urgence local

La réactivité, facteur déterminant dans la lutte contre les EEE, se heurte souvent au délai important qu'il peut y avoir entre la preuve du risque encouru et le début de l'intervention, à l'absence d'une autorité locale clairement identifiée et dotée de pouvoir de décision et d'intervention, ainsi qu'à l'absence de fonds d'urgence pour l'intervention. La création de fonds d'urgences dans les CFOM permettrait :

- de réduire le délai entre la preuve de l'existence de l'invasion et le début de l'intervention ;
- d'assurer rapidement le contrôle ou l'éradication précoce d'une nouvelle EEE ;
- de mener une campagne urgente d'information et de sensibilisation.

Ce fonds d'urgence devrait être alimenté par la fiscalité locale, par des taxes ou des contributions sur des activités à risques ou par des mesures compensatoires (voir plus haut « la création d'un mécanisme national de financement »).

■ une meilleure coordination des efforts et une mutualisation des moyens techniques et des données existants

La mise en place d'un réseau de bio-surveillance efficace à l'échelle du territoire est un complément indispensable à tout système de limitation des introductions. L'objectif d'un tel réseau est d'assurer une veille du territoire et permettre le signalement aux services compétents de toute nouvelle espèce exotique détectée. Les systèmes de surveillance d'espèces exotiques potentiellement envahissantes sur des

stations écologiques sont à implanter dans les différents ensembles écologiques du territoire en question et pourraient se coupler aux systèmes de surveillance épidémiologiques ou phytosanitaires déjà en place. Une meilleure coordination des efforts et une mutualisation des moyens techniques existants, ainsi que le renforcement du personnel affecté à ce type de mission serait profitable pour une meilleure surveillance et une meilleure détection des espèces exotiques. La surveillance pourrait être assurée par exemple par des agents des services phytosanitaires et zoosanitaires, par des scientifiques des organismes de recherche présents sur place, par des gestionnaires d'espaces naturels, par des associations de conservation de la nature ou par des naturalistes.

Actuellement les données disponibles sont très dispersées, ce qui complique et diffère l'acquisition d'une vision globale de la situation. Or, un accès rapide à des données scientifiques valides et d'autres renseignements pertinents (biologie, répartition des EEE, méthodes de lutte et de gestion) est essentiel pour la prise de décision. Localement, ces bases de données pourraient être rattachées à un système d'information géographique permettant de suivre en temps réel l'invasion.

Des dispositifs régionaux ou mondiaux d'alerte et de gestion de l'information existent et constituent des outils précieux pour mieux apprécier les menaces générées par les espèces envahissantes et pour les prévenir et les contrôler plus efficacement (GISD^{xxvii}, GISIN^{xxviii}, DAISIE^{xxix}, PIER^{xxx}, IABIN I3N^{xxxi}, OEPP^{xxxii}, etc.). Les CFOM doivent participer davantage à ces réseaux et y contribuer.

Les actions de lutte sont souvent fragmentaires, réparties entre différents intervenants. Et les résultats, positifs ou négatifs, ne sont pas assez partagés lorsqu'un suivi a été réalisé. Un apprentissage collectif basé sur le partage et la capitalisation des expériences de prévention, de gestion et de lutte est le garant d'un contrôle plus efficace des EEE et d'une approche concertée et partagée du problème.

■ l'amélioration des capacités de diagnostic et d'expertise taxonomique

Un des obstacles majeurs à la surveillance et à la détection de nouvelles espèces réside dans l'absence ou la très faible capacité de diagnostic taxonomique indispensable pour l'identification des nouvelles espèces. L'amélioration des capacités de diagnostic et d'expertise taxonomique passe par la coopération régionale et l'utilisation des réseaux d'expertise existants, par la formation et par le développement d'outils informatiques d'aide à la reconnaissance.

■ la hiérarchisation des priorités d'action

Un programme opérationnel de lutte nécessite la définition d'objectifs de gestion et de conservation réalistes et la hiérarchisation de priorités à court, moyen et long terme en fonction des moyens humains, techniques et financiers disponibles. Un des premiers objectifs doit être de hiérarchiser régulièrement les EEE dont le contrôle est prioritaire et les sites d'intervention prioritaires selon une liste de critères pondérés tels que : l'abondance de l'espèce, son potentiel d'expansion, sa vitesse de propagation, la capacité de contrôle, le coût du contrôle, l'impact écologique potentiel ou connu. Il apparaît également essentiel que les gestionnaires prennent en compte dans le choix des priorités, l'appui éventuel de la population et l'existence de ressources financières et humaines suffisantes.

Une approche stratégique doit favoriser l'action là où elle est susceptible d'avoir le plus d'efficacité et où elle est indispensable pour assurer les objectifs de conservation. S'il est indispensable d'inscrire des actions de contrôle contre des EEE installées pour contenir leur expansion et protéger les habitats rares ou particulièrement riches, l'urgence doit être avant tout d'éliminer rapidement les EEE qui sont encore très localisées mais qui représentent une menace. Les rapports coûts/bénéfices de la lutte doivent être mieux pris en compte.

^{xxvii} Global Invasive Species Database (www.issg.org/database)

^{xxviii} Global Invasive Species Information Network (www.gisnetwork.org)

^{xxix} Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe (www.europe-aliens.org/)

^{xxx} Pacific Island Ecosystems at Risk (www.hear.org/Pier/)

^{xxxi} Inter American Biodiversity Information Network, Invasive Information Network (<http://i3n.iabin.net/>)

^{xxxii} Organisation Européenne et méditerranéenne pour la Protection des Plantes (www.eppo.org/)

■ le suivi et l'évaluation systématique des programmes de lutte

Le suivi sur le long terme et l'évaluation des programmes de lutte sont indispensables pour juger de leur réussite (disparition de l'espèce exotique, régénération des espèces indigènes...) ou des difficultés (réinfestations, perturbations provoquées par les méthodes de lutte...) et donc pour pouvoir opérer, le cas échéant, des ajustements. Cependant, ce suivi est très rarement réalisé, faute de financements suffisants et faute de planification des opérations de lutte. Lors de la planification de tout programme de lutte, l'estimation des coûts financiers devrait impérativement prendre en compte la mise en œuvre d'un programme de suivi et d'évaluation des actions engagées.

La première étape de la mise en place du suivi d'un programme de lutte à moyen et long terme doit être la description précise du milieu avant l'intervention. Cela permet d'évaluer dans un premier temps la pertinence de l'opération et d'apprécier *a priori* comme *a posteriori* les conséquences sur l'écosystème.

Développer une stratégie de communication et d'éducation efficace par :

■ la définition de programmes d'informations et de formation spécifiques à l'intention des différents publics

L'objectif est de sensibiliser à la menace des espèces exotiques envahissantes, de faire prendre conscience de l'importance de prévenir de nouvelles introductions et de soutenir les programmes de gestion de ces espèces.

Une stratégie d'information et de sensibilisation doit être développée sur la base d'une communication formatrice et pédagogique, scientifiquement rigoureuse, avec des outils de communication et des messages adaptés à chaque cible :

- élus locaux ;
- services de l'Etat et des collectivités ;
- propriétaires privés, usagers et grand public ;
- acteurs gestionnaires d'espaces naturels ;
- professionnels identifiés comme vecteurs d'invasions (ex. paysagistes, horticulteurs, aquaculteurs, agriculteurs, secteur touristique, santé traditionnelle...) ;
- professionnels de l'éducation (rectorat, académie, centre de formation, écoles...).

Une stratégie de formation peut être réalisée sur la base de partenariats avec des organismes gestionnaires d'espaces naturels, des organismes de recherche ou des associations de conservation de la nature. Différents types de formations sont à envisager :

- formation des services assurant les contrôles aux frontières à l'identification des espèces potentiellement envahissantes ;
- formation des équipes techniques des collectivités et des acteurs gestionnaires d'espaces naturels à l'identification des EEE, aux techniques de contrôle et à la restauration écologique ;
- formation des services assurant les contrôles et des gestionnaires d'espaces naturels à l'analyse du risque ;
- formation des gestionnaires d'espaces naturels aux nouvelles techniques de suivi (SIG, télédétection...).

■ l'évaluation de l'impact, du succès ou de l'échec des campagnes de communication

Les campagnes de communication sur les espèces exotiques envahissantes en outre-mer comme en métropole n'ont jamais fait l'objet d'études d'impact, si bien que l'on peut difficilement évaluer si elles sont parvenues à toucher leurs cibles et à modifier des comportements. Une évaluation menée sur la base d'indicateurs pertinents pendant la campagne et à son terme permettrait de comprendre les raisons des réussites ou des échecs, et par la suite d'accroître progressivement l'efficacité des campagnes.

■ l'intégration de la problématique des EEE dans les programmes d'éducation et de sensibilisation

Il s'agit de construire les bases de l'éducation et de la sensibilisation aux EEE en intégrant la science des invasions biologiques aux contenus des manuels scolaires des collèges et lycées et aux formations universitaires. Les formations supérieures en environnement des universités d'outre-mer (Nouvelle-Calédonie, Polynésie française, Réunion, Antilles-Guyane) devraient inclure les thèmes des invasions biologiques et de la biosécurité dans leur cursus.

Les journées dédiées à l'environnement et à la nature (la semaine du développement durable, les journées de l'environnement, la fête de la Nature, la fête de la science ...) constituent des occasions qui doivent être saisies pour utiliser le canal des médias et conduire des programmes d'éducation sur les EEE. Certains pays très touchés par les invasions biologiques consacrent des journées annuelles à la problématique, comme par exemple la semaine « Weedbuster » en Australie^{xxxiii}. Des manifestations de ce genre pourraient être organisées dans les CFOM les plus touchées.

■ l'explication des enjeux et des mesures mises en place et l'implication des populations

Les nombreux conflits d'intérêts dans les domaines de l'élevage, de la chasse, de la foresterie, de l'horticulture et de l'aménagement du territoire, ou les conflits d'opposition aux programmes de contrôle (espèces domestiques) rencontrés dans les CFOM sont rarement abordés, en raison de l'absence de mécanismes de concertation. Pourtant l'implication des populations apparaît bien souvent comme une condition nécessaire de réussite des opérations de lutte. La gestion des EEE considérées comme « utiles » ou « patrimoniales » doit nécessairement faire l'objet d'explications et de négociations afin de recueillir l'adhésion du public.

■ la promotion de l'utilisation d'espèces indigènes pour limiter l'usage d'EEE et le développement de guides de bonnes pratiques

En vue de l'accompagnement d'une réglementation sur la vente et l'utilisation d'EEE ou d'espèces potentiellement envahissantes, il est nécessaire de travailler avec les élus (notamment les maires) et les professionnels (pépiniéristes, animalerie, aménageurs, etc.), sur des programmes volontaires destinés à réduire la disponibilité à la vente et l'utilisation d'espèces exotiques envahissantes.

L'application de guides de bonnes pratiques a un caractère volontaire. Ces guides doivent être développés en partenariat avec les professionnels concernés, pour assurer une pleine appropriation de la démarche et garantir la pertinence des bonnes pratiques préconisées. L'objectif principal des guides de bonnes pratiques est de réduire l'utilisation des espèces exotiques envahissantes ou potentiellement envahissantes au profit d'espèces indigènes ou d'autres espèces de substitution non envahissantes. L'initiative engagée en 2005 par l'Agence Méditerranéenne de l'Environnement et le Conservatoire Botanique National Méditerranéen de Porquerolles sur les plantes exotiques envahissantes pourrait servir de modèle à cet égard^{xxxiv}. Au niveau européen, un code de bonne conduite destiné à la filière horticole est en cours de préparation^{xxxv}.

Répondre aux défis scientifiques par:

■ le soutien à la recherche pour améliorer la connaissance des EEE et de leurs impacts, et pour développer les méthodes de diagnostic, de lutte et de restauration

Malgré des progrès significatifs accomplis ces dernières années, de nombreuses questions sur les EEE demandent d'importants efforts de recherche pour les années à venir. Les impacts écologiques et socio-

^{xxxiii} Voir : www.weedbusterweek.info.au/

^{xxxiv} Cette initiative se singularise par la participation active des professionnels de l'horticulture et du paysage. Elle a donné lieu à une publication « Plantes envahissantes de la région méditerranéenne ». L'originalité du document est de proposer, à la demande des professionnels, des plantes de substitution indigènes ou exotiques.

^{xxxv} Code of conduct on horticulture and invasive alien plants. Ce code de bonne conduite est le produit d'une collaboration entre le Conseil de l'Europe et l'OEPP.

économiques de la majeure partie des EEE ne sont pas documentés localement. La connaissance du nombre et de l'identité des espèces introduites demande des recherches taxonomiques ou archéo-zoologiques, car ces informations sont encore souvent mal connues. Les phénomènes d'introgression génétique, consécutifs à l'installation d'espèces exotiques, restent à explorer pour dépasser le stade d'hypothèses de recherche.

Pourtant, une bonne connaissance de l'impact des populations exotiques envahissantes sur les écosystèmes et la biodiversité est primordiale pour améliorer les stratégies de contrôle et de lutte. Le volet des impacts socio-culturels est rarement abordé par des études sur la perception des invasions dans les communautés locales, qui peuvent parfois être en décalage avec le discours des scientifiques et des gestionnaires. La recherche appliquée, en partenariat étroit avec les gestionnaires d'espaces naturels, permet de son côté d'améliorer les méthodes de contrôle et de restauration ou d'estimer par exemple la faisabilité technique et économique d'une action.

Le soutien financier aux programmes de recherche apparaît donc comme un axe nécessaire de toute stratégie de gestion efficace des populations d'EEE fondée sur des bases scientifiques.

■ l'identification des priorités de recherche en adéquation avec les besoins de gestion

Pour une meilleure gestion des EEE, la recherche nécessite des actions à différents niveaux avec des finalités différentes : recherche sur les espèces, sur les milieux envahis, sur le développement de méthodes de surveillance et de suivi, etc. Des programmes de recherche-gestion sont à entreprendre afin de favoriser les partenariats entre chercheurs et gestionnaires. Parmi les thèmes de recherche à encourager afin que les gestionnaires et les décideurs disposent des outils critiques requis pour développer une stratégie efficace de gestion, on peut mentionner :

- l'amélioration des méthodes de surveillance, de détection précoce et de suivi des invasions ;
- la hiérarchisation des impacts écologiques et socio-économiques afin de permettre aux gestionnaires d'espaces naturels et aux décideurs de définir des priorités d'action ;
- le développement de méthodes de contrôle et d'éradication d'espèces envahissantes ;
- le développement de méthodes de multiplication d'espèces indigènes pour la restauration écologique, pouvant également servir à l'aménagement ;
- l'amélioration des connaissances (inventaire, distribution, facteurs d'évolution, impacts...);
- l'appui et la contribution à l'élaboration d'outils législatifs, à la sensibilisation et à l'information du public sur des bases scientifiques rigoureuses.

■ le soutien à la recherche sur le milieu marin

La recherche sur le milieu marin doit être développée afin d'apporter aux collectivités et aux organisations régionales les connaissances nécessaires à l'analyse des risques et à la définition de mesures de gestion intégrées des voies et des vecteurs marins.

■ l'intégration de la recherche sur les EEE dans les programmes sur les changements globaux.

La problématique des EEE est un sujet transversal de par la nature des divers mécanismes biologiques qui régissent leur apparition, leur installation et leur dynamique spatiale et temporelle. La problématique nécessite donc d'être intégrée dans d'autres problématiques globales comme celles de la dégradation des milieux, de l'utilisation des terres ou du changement climatique.

■ la mobilisation au delà de l'outre-mer français

L'ampleur des questions de recherche liées aux EEE nécessite de mobiliser largement au-delà des actions ponctuelles existant actuellement, et en s'appuyant sur un réseau plus vaste que celui de l'outre-mer français. A cet égard, la diversité des situations géologiques, géographiques, historiques et écologiques rencontrées dans les différents territoires européens ultra-marins offre une situation privilégiée pour la compréhension des enjeux liés aux EEE. Le projet de coordination de la recherche sur la gestion durable de

la biodiversité dans l'outre-mer européen (Eranet Net-Biome) sera un outil précieux pour la construction d'un tel réseau.

Renforcer la coopération régionale par :

■ une meilleure intégration des collectivités d'outre-mer aux réseaux régionaux et aux programmes des organisations régionales sur les EEE ou en favorisant si besoin l'émergence de telles structures

L'intégration plus forte des collectivités dans les réseaux et les programmes des organisations régionales comme le PILN et le PII (Pacific Invasives Initiative) dans le Pacifique, ou encore la CII (Cooperative islands Initiatives)^{xxxxvi}, contribuerait à une meilleure circulation des connaissances et des compétences et au développement d'une cohérence régionale des politiques, des législations et des programmes de gestion et de recherche nécessaires.

La concertation entre les CFOM pourrait être renforcée en pérennisant le réseau « espèces exotiques envahissantes » initié dans l'outre mer français par le Comité français de l'UICN.

■ le développement de programmes de recherche en collaboration régionale concernant des espèces d'intérêt commun ou la gestion de milieux similaires entre différents territoires

Une politique active de coopération régionale autour de ce sujet fédérateur par le biais de la recherche permettrait d'une part d'améliorer la communication entre les chercheurs de la zone et d'autre part, de favoriser la construction de réseaux et la mobilité dans la zone concernée. En outre, la coopération régionale permettrait de mobiliser des moyens plus importants pour entreprendre des actions telles que des analyses d'impacts ou des programmes de lutte biologique à des échelles régionales.

■ la collaboration avec les institutions régionales afin de renforcer les capacités et les compétences locales et accroître les transferts technologiques (procédures, protocoles, outils...)

La mise au point de méthodes de lutte efficaces sur des espèces exotiques envahissantes bien installées sur un territoire est souvent longue et coûteuse. Or, la coopération régionale permet de diminuer les coûts et d'accélérer la diffusion des informations pour un contrôle plus efficace des EEE. Les opportunités de transferts de compétences et de technologies sous forme de coopérations bilatérales ou multilatérales peuvent par exemple concerner des EEE d'intérêt commun ou la gestion de milieux similaires entre différents territoires. Ainsi, quelques plantes exotiques envahissantes dans les CFOM comme la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*), la laitue d'eau (*Pistia stratiotes*), l'ajonc d'Europe (*Ulex europaeus*) ou *Clidemia hirta*, sont efficacement contrôlées par des agents de contrôle biologique dans des pays comme l'Australie ou l'Afrique du Sud. Ces méthodes pourraient être transférées aux CFOM dans le strict respect des normes OEPP^{xxxxvii}, du code de bonne conduite de la FAO^{xxxxviii, xxxix}, et de la réglementation propre aux CFOM.

Des formations de personnels dans des structures spécialisées des pays voisins devraient également être facilitées.

■ la mise en place d'ateliers régionaux sur les problèmes liés aux invasions biologiques

Les échanges entre les CFOM et les pays voisins ayant acquis une solide expérience en matière de prévention, de gestion et de lutte contre les invasions (la Nouvelle Zélande, l'Australie, la Californie et Hawaii dans la région Pacifique ; les Seychelles, Maurice et l'Afrique du Sud dans la région Océan Indien ; le Canada pour l'Amérique du Nord ; Floride pour les Caraïbes ; Brésil pour l'Amérique du Sud...) doivent

^{xxxxvi} La CII a été lancée à la COP 6 de la CDB en 2002. C'est une initiative globale destinée à renforcer la coopération, la coordination et les capacités en matière de gestion des espèces exotiques envahissantes dans les îles. En 2004, un premier programme régional a été développé dans le Pacifique (PII)

^{xxxxvii} OEPP. (2000). Sécurité de la lutte biologique

^{xxxxviii} FAO. (2005). Directives pour l'exportation, l'expédition, l'importation et le lâcher d'agents de lutte biologique et autres organismes utiles. Normes Internationales pour les Mesures Phytosanitaires, NIMP n° 3. Paris, FAO, CIPV, 33 p

^{xxxxix} FAO. (1996). Code of conduct for the import and release of exotic biological control agents. FAO, Rome, Italy.

être développés ou renforcés. L'organisation régulière d'ateliers régionaux de formation sur les différents aspects liés aux invasions biologiques contribuerait au renforcement des capacités et des compétences locales. La visite et l'intervention d'experts extérieurs sont souvent très utiles pour initier ou faire avancer des programmes relatifs aux invasions (comme dans le cas de la collaboration entre Hawaii, la Polynésie française et la Nouvelle-Calédonie sur la lutte contre le miconia).

Promouvoir une prise en compte formelle du problème au niveau européen et international par :

■ le traitement prioritaire du dossier au niveau européen

Pendant la présidence française de l'UE, et lors des présidences à venir, la priorité devrait être accordée aux dossiers de biodiversité qui nécessitent un traitement transversal au niveau européen, dont celui des EEE, pour :

- assurer la prise en compte de l'outre-mer européen dans la réflexion portant sur une future stratégie communautaire sur les espèces exotiques envahissantes, en portant une attention particulière à la gestion des risques des EEE en outre-mer dans le contexte de la libre circulation des biens sur le territoire communautaire;
- faire progresser le dossier en cours d'examen par le Comité Phytosanitaire Permanent de l'Union Européenne pour accélérer l'intégration du contexte ultrapériphérique au sein du cadre réglementaire phytosanitaire européen ;
- faire émerger une initiative européenne spécifique aux EEE avec l'appui de la Communauté européenne.

■ le renforcement de la coopération avec les organes des conventions internationales et régionales et des structures pertinentes des Caraïbes, de l'Atlantique Nord, de l'Océan Indien et du Pacifique

Afin de contribuer au développement d'un système plus efficace de contrôles frontaliers et d'alerte visant spécifiquement les EEE et de relayer les initiatives et les enjeux locaux auprès des organisations internationales régissant l'utilisation et le commerce des espèces, les CFOM et l'Etat sont appelés à renforcer leur coopération avec les organes des conventions régionales pertinentes et avec les organes des conventions et des organisations internationales (CITES, OIE, OMI, CDB, CIPV, OEPP).

■ la ratification de la Convention internationale de l'OMI pour le contrôle et la gestion des eaux et des sédiments de ballast

L'OMI a adopté la Convention internationale pour le contrôle et la gestion des eaux et sédiments de ballast le 13 février 2004 en vue de réduire au maximum le transfert d'organismes aquatiques nuisibles et d'agents pathogènes^{xl}. La ratification par la France de cette convention doit être une priorité afin d'encourager la mise en place de systèmes techniques de traitement adaptés à la protection de la biodiversité marine des CFOM.

■ le soutien à l'élaboration par l'Organisation de l'aviation civile internationale de lignes directrices pour réduire des risques d'introduction par le transport aérien

L'aviation civile internationale est une voie significative d'introduction involontaire d'espèces exotiques envahissantes, notamment dans les îles isolées. L'OACI élabore actuellement, avec l'aide du Programme mondial sur les espèces envahissantes, des lignes directrices pour réduire ce risque d'introduction. Cette démarche doit donc être appuyée et soutenue.

^{xl} Le texte a été adopté à l'unanimité le 13 février 2004 par 74 états. Cette convention entrera en vigueur 12 mois après sa ratification par 30 Etats représentant au moins 35% du tonnage de la flotte mondiale.

ANNEXE 12

Liste des espèces envahissantes en Province Nord – Code de l'environnement de la province Nord

Article annexe à l'article 261-1
« liste des espèces envahissantes en province Nord »

Règne	Famille	Genre	Espèce	Nom commun	Observation
A	Canidae	<i>Canis</i>	<i>lupus</i>	Chien ensauvagés	ensauvagés au sens de l'article 120-1
A	Emidyidae	<i>Trachemys</i>	<i>scripta elegans</i>	Tortue de Floride, tortue à tempes rouge	
A	Felidae	<i>Felis</i>	<i>felis silvestris ssp. catus</i>	Chats ensauvagés	ensauvagés au sens de l'article 120-1
A	Parastacidae	<i>Cherax</i>	<i>quadricarinatus</i>	Ecrevisses à pinces rouges, Red Claw	
A	Pycnonotidae	<i>Pycnonotus</i>	<i>cafer</i>	Bulbul, Bulbul à ventre rouge	
A	Sturnidae	<i>Acridotheres</i>	<i>tristis</i>	Martin triste, Merle des Moluques	
V	Agavaceae	<i>Furcraea</i>	<i>foetida</i>	Aloès malgache, aloès créole, cadère, choça' vert	(syn F. gigantea, Agave foetida)
V	Anacardiaceae	<i>Schinus</i>	<i>terebinthifolius</i>	Faux poivrier, poivre rose	
V	Aristolochiaceae	<i>Aristolochia</i>	<i>elegans</i>		
V	Asclepiadaceae	<i>Cryptostegia</i>	<i>grandiflora</i>	Liane de Gatope	
V	Asteraceae	<i>Cirsium</i>	<i>vulgare</i>		
V	Asteraceae	<i>Crassocephalus</i>	<i>crepidioides</i>		
V	Asteraceae	<i>Mikania</i>	<i>micrantha</i>	Liane américaine	
V	Asteraceae	<i>Parthenium</i>	<i>hysterophorus</i>	Camomille balais, camomille z'oiseaux, fausse camomille, herbe blanche	
V	Asteraceae	<i>Pluchea</i>	<i>spp</i>		notamment P. indica, P. odorata (syn p. caroliniensis, P. symphytyfolia)
V	Asteraceae	<i>Tithonia</i>	<i>diversifolia</i>	Fleur de la fête des mères, tournesol japonais	
V	Asteraceae	<i>Wedelia</i>	<i>trilobata</i>		(syn Sphagneticola trilobata)
V	Bignoniaceae	<i>Macfadyena</i>	<i>unguis-cati</i>	Griffe à chatte, liane patate, patte d'oiseau	(syn Doxantha unguis-cati)
V	Bignoniaceae	<i>Spathodea</i>	<i>campanulata</i>	Tulipier du Gabon, tulipier d'afrique, pisse-pisse,	
V	Bignoniaceae	<i>Tecoma</i>	<i>stans</i>	Bois pissenlit, piti, trompette d'or	
V	Cactaceae	<i>Acanthocereus</i>	<i>pentagonus</i>	Cactus triangle	(Syn A. pentagonus)
V	Cactaceae	<i>Opuntia</i>	<i>stricta</i>	Raquettes, "figuier de barabarie"	
V	Commelinaceae	<i>Zebrina</i>	<i>pendula</i>		(syn Tradescantia zebrina)
V	Convolvulaceae	<i>Ipomea</i>	<i>cairica</i>		
V	Convolvulaceae	<i>Merremia</i>	<i>peltata</i>	Merremia	
V	Convolvulaceae	<i>Merremia</i>	<i>tuberosa</i>	Liane à tonelle, liane Gandelour, liane sultane jaune, rose des bois	
V	Crassulaceae	<i>Kalanchoe</i>	<i>pinnata</i>	Chou de faffe, gros pourpier clochette, herbe tortue, patte de poule	(syn Bryophyllum pinatum)
V	Cyperaceae	<i>Cyperus</i>	<i>alternifolius</i>		
V	Cyperaceae	<i>Cyperus</i>	<i>rotundus</i>		
V	Cyperaceae	<i>Killinga</i>	<i>polyphilla</i>		(syn K. elata)
V	Euphorbiaceae	<i>Jatropha</i>	<i>gossypifolia</i>	Faux manioc, médicinier à feuilles de cotonnier	
V	Euphorbiaceae	<i>Mahihot</i>	<i>glaziovii</i>		
V	Fabaceae	<i>Acacia</i>	<i>concinna</i>		(syn. A. sinuata)
V	Fabaceae	<i>Acacia</i>	<i>farnesiana</i>	Acacia jaune, cassie	
V	Fabaceae	<i>Acacia</i>	<i>nilotica</i>	Acacia à gomme, gommier rouge	

V	Fabaceae	<i>Cassia</i>	<i>tora</i>		(syn <i>C. obtusifolia</i>)
V	Fabaceae	<i>Cesalpinia</i>	<i>decapetala</i>		
V	Fabaceae	<i>Flemingia</i>	<i>strobilifera</i>	Sainfoin du Bengale	(syn <i>Mohaganian strobilifera</i>)
V	Fabaceae	<i>Gleditsia</i>	<i>australis</i>		
V	Fabaceae	<i>Haematoxylum</i>	<i>campechianum</i>	Bois de campêche, campêche	
V	Fabaceae	<i>Mimosa</i>	<i>diplotricha</i>	Sensitive géante	(syn <i>M. invisia</i>)
V	Fabaceae	<i>Paraserianthes</i>	<i>falcataria</i>		(syn <i>Albizzia moluccana</i> , <i>Falcataria moluccana</i>)
V	Fabaceae	<i>Parkinsonia</i>	<i>aculeata</i>		
V	Fabaceae	<i>Pithecellobium</i>	<i>dulce</i>		
V	Flacourtiaceae	<i>Dovyalis</i>	<i>caffra</i>		
V	Labiataeae	<i>Ocimum</i>	<i>gratissimum</i>	Basilic africain, basilic sauvage, baumier, gros baume, menthe gabonaise	
V	Lauraceae	<i>Litsea</i>	<i>glutinosa</i>	Avocat marron, litsée glutineuse	
V	Melastomataceae	<i>Miconia</i>	<i>calvescens</i>	Miconia	(syn <i>M. magnifica</i>). La destruction ne peut être réalisée que sous le contrôle des agents provinciaux ou des opérateurs mandatés pour cela par le président de la province nord.
V	Myrtaceae	<i>Psidium</i>	<i>cattleianum</i>	Goyave de Chine	
V	Myrtaceae	<i>Psidium</i>	<i>guajava</i>	Goyavier	(sauf var. fruitières cultivées en Nouvelle-Calédonie)
V	Papaveraceae	<i>Argemone</i>	<i>mexicana</i>		
V	Passifloraceae	<i>Passiflora</i>	<i>suberosa</i>	Passiflore, grain d'encre, grenadille.	
V	Poaceae	<i>Arundo</i>	<i>donax</i>	Canne de Provence	
V	Poaceae	<i>Brachiaria</i>	<i>paspaloides</i>		(syn <i>Urochloa paspaloides</i>)
V	Poaceae	<i>Brachiaria</i>	<i>reptans</i>		
V	Poaceae	<i>Cenchrus</i>	<i>echinatus</i>		
V	Poaceae	<i>Chloris</i>	<i>barbata</i>		(syn <i>C. inflata</i>)
V	Poaceae	<i>Heteropogon</i>	<i>contortus</i>	Herbe à piquants, herbe à moutons	
V	Poaceae	<i>Imperata</i>	<i>cylindrica</i>	Paille de dys, paillette	
V	Poaceae	<i>Paspalum</i>	<i>urvillei</i>	Épinard	
V	Poaceae	<i>Pennisetum</i>	<i>setaceum</i>	Herbe fontaine	
V	Poaceae	<i>Phyllostachys</i>	<i>flexuosa</i>		
V	Poaceae	<i>Sacciolepis</i>	<i>indica</i>		
V	Poaceae	<i>Themede</i>	<i>quadrialvis</i>		
V	Polygalaceae	<i>Polygala</i>	<i>paniculata</i>		
V	Pontederiaceae	<i>Eichhornia</i>	<i>crassipes</i>	Jacinthe d'eau	
V	Rosaceae	<i>Rubus</i>	<i>rosaefolius</i>	Framboisier sauvage	(syn <i>R. rosifolius</i>)
V	Salviniaceae	<i>Salvinia</i>	<i>molesta</i>	Fougère d'eau, <i>Salvinia</i> géante	(syn <i>S. auriculata</i>)
V	Solanaceae	<i>Datura</i>	<i>suaveolens</i>		(syn <i>Brugmansia</i>)
V	Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>mauritianum</i>	Bois de tabac marron, morelle de Maurice, arbre tabac	(syn <i>S. auriculatum</i>)
V	Tumeraceae	<i>Turnera</i>	<i>ulmifolia</i>		
V	Typhaceae	<i>Typha</i>	<i>dominguensis</i>		
V	Verbenaceae	<i>Lantana</i>	<i>camara</i>	Queue de chat	

ANNEXE 13

Expertise de l'IRD sur les risques liés à l'utilisation du P. australis à la station d'épuration de Rivière Salée

Évaluation des risques pour l'utilisation d'un lit de *Phragmites australis* (Cav.) Steud. dans la station d'épuration de Rivière Salée

Rapport d'Expertise pour la Calédonienne des Eaux



Phragmites australis
Illustration : (Crow and Hellquist 2000)

Laboratoire de Botanique et d'Écologie Végétales Appliquées
Vanessa Hequet & Jérôme Munzinger

Évaluation des risques pour l'utilisation d'un lit de *Phragmites australis* (Cav.) Steud. dans la station d'épuration de Rivière Salée

Problématique

Les espèces exotiques envahissantes (EEE) sont aujourd'hui reconnues comme étant l'une des plus grandes menaces pour la biodiversité. Les invasions biologiques sont en effet considérées comme la deuxième cause d'érosion de la biodiversité à l'échelle mondiale après la destruction et la dégradation des habitats naturels (source : (UICN 2009)). Dans les petites entités insulaires, où la biodiversité est à la fois particulièrement originale et vulnérable, elles représenteraient même la première cause de ces extinctions d'espèces (Beauvais, Coléno et al. 2006).

Les espèces exotiques envahissantes peuvent provoquer des dommages :

- au niveau des processus écologiques en altérant le fonctionnement des écosystèmes,
- au niveau de la composition des écosystèmes en causant la régression ou la disparition d'espèces indigènes,
- au niveau des activités économiques en pénalisant les rendements agricoles ou la valeur touristique des paysages,
- au niveau de la santé humaine, en causant des allergies ou en favorisant la transmission de virus et de bactéries (Soubeyran 2008).

Les coûts environnementaux et écologiques liés à ces invasions peuvent être très élevés. Les estimations de l'impact économique annuel des espèces invasives terrestres à l'échelle nationale sont assez parlantes avec pour les espèces végétales uniquement : Australie 4 billion \$AU ; Canada 38.21 million (\$CAN) ; Allemagne 103 million (€) ; Nouvelle Zélande 100 million (\$NZ) et Etats-Unis 34.5 billion (\$US) (Olson 2006).

L'outre-mer français, sur une superficie représentant 0,08% de toutes les terres émergées, abrite davantage d'espèces locales de plantes et de vertébrés que toute l'Europe continentale. Mais de par son caractère principalement insulaire, l'outre-mer est très vulnérable aux introductions d'espèces étrangères dont certaines se sont révélées agressives, causant d'importants dégâts écologiques. Ainsi plus de 1 200 espèces de plantes ont été introduites aux Antilles, plus de 1 400 en Nouvelle-Calédonie et plus de 2 000 à La Réunion (Soubeyran 2008). La Nouvelle-Calédonie, considérée comme l'un des 25 « points chauds » ou « hotspots » mondiaux de biodiversité (Myers, Mittermeier et al. 2000) avec 76% d'espèces végétales endémiques (Jaffré, Bouchet et al. 1998), abrite une flore exceptionnelle aujourd'hui menacée par le développement de nombreuses espèces exotique envahissantes.

Afin de lutter contre ce fléau, en 2005, l'UICN a lancé l'initiative du Comité français de l'UICN sur les espèces exotiques envahissantes. En 2006, l'IRD a publié une expertise collégiale sur les espèces envahissantes dans l'archipel néo-calédonien (Beauvais, Coléno et al. 2006). En 2007, deux arrêtés gouvernementaux relatifs aux organismes végétaux nuisibles en Nouvelle-Calédonie sont publiés. L'un vise à réglementer la détention et le transport, l'autre concerne plus particulièrement l'introduction sur le territoire.

Parmi les espèces considérées comme potentiellement envahissantes dans le monde, se trouve le *Phragmites australis*, tristement connue pour avoir envahi d'immenses surfaces naturelles aux Etats-Unis (Saltonstall 2002; Burdick and Konisky 2003; Lelong, Lavoie et al. 2007; Maheu-Giroux and Blois 2007). Elle est aussi mentionnée comme envahissante en Nouvelle-Zélande et en Australie (Weber 2003), sous des latitudes comparables à la Nouvelle-Calédonie.

Or, cette plante est utilisée depuis 5 ans par la Calédonienne des eaux pour le traitement des boues de la station d'épuration de Rivière Salée.

Une étude a alors été commandée par la Calédonienne Des Eaux au Laboratoire de Botanique et d'Écologie Végétale Appliquées du centre IRD de Nouméa, afin de réaliser une expertise des risques liés à l'utilisation de cette espèce dans le cadre de la station de Rivière Salée.

Méthodologie

L'estimation du risque lié à l'utilisation de *P. australis* dans le traitement des eaux de Rivière Salée a été réalisée à travers :

- des recherches bibliographiques sur la biologie de l'espèce,
- des recherches concernant l'origine de la souche utilisée,
- un travail d'observation de terrain pour voir si l'espèce s'était ou non échappée des lits de traitement vers les milieux environnants,
- des observations portant sur la fertilité des individus cultivés.

Les Recherches bibliographiques ont été effectuées au laboratoire de Botanique et d'Ecologie végétales appliquées de l'IRD.

L'origine de la souche utilisée en Nouvelle-Calédonie n'a pu être déterminée de manière précise. L'entreprise ayant fourni les graines à la Calédonienne des eaux (Aquatic Besançon – 0247925839) a été contacté. N'étant pas lui-même producteur, il nous a renvoyé vers son propre fournisseur (Jelitto : info@jelitto.com). Ces derniers n'ont pu nous donner de façon exacte l'origine des souches fournies mais nous ont dit que leurs graines venaient d'Allemagne ou d'Europe de l'est. Les graines sont donc produites en Europe mais nous ne savons pas si les souches d'origine sont européennes ou bien si ce sont des souches introduites et cultivées dans un but de production.

Deux missions d'observation de terrain ont été effectuées. La première a permis une prise de contact avec le personnel de la station et l'exposé de la problématique. Une reconnaissance du milieu environnant a alors été effectuée. Une deuxième mission a été effectuée avec pour but de prospecter plus finement les alentours de la station afin de s'assurer qu'aucun pied de *Phragmites australis* ne s'était installé en dehors du périmètre du lit cultivé. Les berges du lac ont été examinées ainsi que les abords du déversoir en aval le long de la mangrove (voir fig.2).

Des prélèvements ont été effectués sur les inflorescences d'une vingtaine de chaumes de *Phragmites australis* afin de déterminer la fertilité des souches utilisées. Les chaumes échantillonnés ont été marqués individuellement afin de pouvoir procéder à un suivi si nécessaire. Aucun test de germination n'a toutefois été prévu afin de voir si les caryopses produits étaient ou non viables.

Résultats

Identification du taxon

Les échantillons prélevés à la Station de Rivière Salée ont pu être identifiés sans ambiguïté comme appartenant au taxon *P. australis* d'après « GrassBase – The online World Grass Flora » (Clayton, Harman et al. 2009), mais également par comparaison avec les échantillons de l'Herbier de Nouméa (NOU) et d'après les descriptions de la Flore d'Australie (Linder 2005).

La Flore d'Australie (Linder 2005) cite la présence de deux taxons comme natifs d'Australie : *P. australis* et *P. vallatoria* mais précise que la taxonomie de ces espèces est extrêmement complexe. *P. australis* se distingue de *P. vallatoria* par ses plus longues glumes, de plus longs poils sur les rachis et une pubescence plus dense sur le callus. Toutefois de nombreux échantillons sont difficiles à identifier comme appartenant à l'une ou l'autre des espèces. Une troisième espèce : *P. mauritanus*, citée comme introduite, est mentionnée comme « encore plus difficile à séparer de *P. vallatoria* ». *P. australis* est distribuée dans la partie nord-est du pays tandis que *P. vallatoria* se rencontre tout à fait au nord.

Les individus collectés en Nouvelle-Calédonie et déposés à l'herbier de Nouméa (NOU) sont en majorité identifiés comme *P. australis* et ne présentent pas sur l'étiquette de mention particulière sur un éventuel caractère envahissant. Ces échantillons proviennent de Canala, Poindimié, Koumac, Pouébo, Tao et Ouegoa. Un échantillon identifié comme *P. karka* (synonyme de *P. vallatoria*) est également présent avec une mention sur l'étiquette indiquant que l'espèce est très abondante. Cette donnée est confirmée par (Jaffré and Dagostini 2001) qui ont observé des populations importantes sur terrain ultramafique vers Monéo où la plante avait un comportement grégaire, localement envahissant. La dominance de *P. australis* sur le territoire n'est pas surprenante en raison de la grande affinité de la flore locale avec la flore de l'est de l'Australie : Queensland, New South Wales. La présence de *P. vallatoria* est de fait plus anecdotique en Nouvelle-Calédonie. Toutefois, les différences morphologiques entre les deux espèces étant assez subtiles, la question reste là encore de savoir si l'on est vraiment en présence de deux espèces différentes ou plutôt d'un continuum entre ces deux espèces. Une réponse à cette question pourrait être apportée par des études génétiques. Quoi qu'il en soit l'une et l'autre de ces espèces sont considérées en Australie, comme dans de nombreux autres pays, comme des « significant weeds » causant des pertes d'eau, de la stagnation et entravant la navigation (Weber 2003).



Fig 1. Paysages envahis par *Phragmites australis* aux Etats-Unis.
Credit photo : John M. Randall The Nature Conservancy

Biologie et écologie de *P. australis*

Phragmites australis est une herbacée pérenne qui se multiplie par voie végétative en produisant de nombreux rhizomes donnant eux-mêmes naissance à de nouveaux chaumes. L'intense activité rhizomateuse entraîne la formation d'un épais et dense tapis de rhizomes entrelacés et permet une colonisation horizontale rapide des surfaces. La reproduction par voie sexuée à travers la production de graine est aussi effective bien que moins vigoureuse. Au Canada, des études ont montré que la production de graines est généralement très faible, même si certaines colonies en donnent beaucoup (jusqu'à 59,2% de fleurs fertiles) (Gervais, Trahan et al. 1993). Les graines sont normalement disséminées par le vent mais peuvent aussi être consommées et disséminées par les oiseaux (GISD 2006). La viabilité des graines est très faible bien qu'il semble y avoir de grandes variations interannuelles de fécondité (Saltonstall 2008).

La germination de *P. australis* peut se dérouler sous une gamme importante de température bien qu'elle soit ralentie à basse température et stoppée par le gel. Les conditions optimales de germination se situent autour de 30°C (McKee and Richards 1996) avec un pourcentage maximal de germination observé en conditions expérimentale de 20% (McKee and Richards 1996). Toutefois le succès de germination dans la nature semble très faible. Les plantules se développent lentement et leur degré de compétitivité est faible (Gervais, Trahan et al. 1993). Cela s'expliquerait en partie par des exigences assez strictes en matière de conditions de germination (Ekstam, Johannesson et al. 1999). Ceci nous a été confirmé par le fournisseur de graines de la Calédonienne des eaux (Aquatic Bezançon) pour qui la croissance de *Phragmites australis* à partir de graines est extrêmement délicate et nécessite des conditions de température et d'hygrométrie très rigoureuses. *Phragmites australis* est très compétitif car très tolérant à la fois à la salinité (Chambers, Meyerson et al. 1999) et à l'immersion (Burdick and Konisky 2003).

Phragmites australis est une espèce à très large répartition, elle est présente sur l'ensemble des continents excepté l'Antarctique mais son statut est plutôt obscur. En effet son aire de distribution originelle est controversée. *P. australis* est mentionnée

comme native dans la flore d'Australie (Linder 2005) mais d'autres sources la considèrent comme introduite (Weber 2003). Elle est recensée comme envahissante dans de nombreux pays (Australie, Nouvelle-Zélande, Canada, USA, Mexique) (Weber 2003) et par de nombreuses sources :

- UICN Invasive Species Specialist Group ISSG (<http://www.issg.org>),
- Invasive Species (<http://www.invasive.org>),
- United States Department of Agriculture USDA (<http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=PHAU>),
- Global Compendium of Weed GCW (http://www.hear.org/gcw/species/phragmites_australis),
- The Nature Conservancy Global Invasive Species Team TNC GIST (<http://tncinvasives.ucdavis.edu>),
- Plant Conservation Alliance's Alien Plant Working Group, mentionnée comme "Least wanted" (<http://www.nps.gov/plants/alien/fact/phau1.htm>)
- Invasive plant species of the world (Weber 2003)
- plus se référer à la bibliographie pour une liste de publications relative au sujet.

Aux Etats-Unis toutefois, son caractère envahissant semble assez récent et en Europe -d'où elle serait native- sa culture est encouragée et ses populations ont même tendance à décliner, particulièrement en Europe de l'est (GISD 2006).

Les incertitudes quant au statut exact de cette espèce ont trouvé des éléments de réponse dans de récentes études génétiques. Saltonstall (2002) a mis en évidence l'existence de 27 souches génétique (ou haplotypes) de *Phragmites australis* tout autour du monde. L'auteur a aussi montré que coexistaient aux Etats-Unis des souches natives, présentes depuis au moins 40000 ans et des souches introduites il y a moins de 200 ans. La souche introduite (d'origine eurasiennne), très compétitive, a connu une expansion considérable depuis une centaine d'années. Des études récentes faites au Canada ont montré que le génotype exotique était présent au Québec depuis 1916 mais il était très rare avant les années 70 et restreint aux rives de la rivière St. Lawrence. En moins de 20 ans, le génotype exotique est devenu totalement dominant faisant disparaître une grande partie des populations du génotype natif. Aujourd'hui, plus de 95% des colonies de roseau du Québec sont dominées par l'haplotype exotique (Lelong, Lavoie et al. 2007).

Aucune étude ne permet aujourd'hui de déterminer l'origine de l'haplotype présent en Nouvelle-Calédonie. Son statut sur le territoire est d'ailleurs quelque peu obscur. Tout d'abord considérée comme indigène (Jaffré, Morat et al. 2001), des travaux récents suggèrent qu'elle serait plutôt introduite (Weber 2003). Cette notion reste discutable, surtout dans le cas de plantes ayant des graines facilement transportables naturellement, sans que l'homme soit le vecteur.

Observations de terrain

Les observations visant à détecter la présence éventuelle de *Phragmites australis* aux environs de la Station n'ont permis de repérer aucun pied dans les milieux environnants favorables à une éventuelle installation (fig. 2). Il n'y a donc pour le moment aucune trace d'établissement de l'espèce en dehors du lit cultivé.



Fig 2. Relevés GPS des points d'observations réalisés aux alentours de la Station. Le lit de *Phragmites australis* est matérialisé par une croix jaune.

Fertilité de la souche utilisée à Rivière Salée

Sur les 20 individus ayant fait l'objet de prélèvement d'une partie de l'inflorescence/infrutescence, 7 était en fruits et 13 en fleurs plus ou moins avancées. Pour les 7 individus en fruits, les infrutescences ont été observées à la loupe binoculaire et 10 épillets ont été disséqués afin de voir si des caryopses étaient produits. Dans tous les cas, un minimum de 1 caryopse a été observé. Des caryopses ont été observés dans chacune des fleurs composant l'épillet ce qui montre qu'aucune des fleurs constituant un épillet n'est stérile.

N° de relevé	1	2	3	4	5	6	7
Nb de caryopse	6	10	5	5	4	1	1

Des tests de germinations n'ont pas été prévus dans le cadre de cette étude pour vérifier la viabilité de ces caryopses mais tout dans leur morphologie laisse à penser qu'ils sont normalement développés, et semblent donc morphologiquement viables.

Le suivi des individus marqués n'a pas été nécessaire étant donné que la question de production de caryopses a pu être élucidée dès les premiers prélèvements

Discussion et recommandations

Risque d'invasion en Nouvelle-Calédonie

L'origine géographique précise de la souche utilisée aujourd'hui par la Calédonienne des Eaux n'a pu être identifiée mais l'on sait que *Phragmites australis* montre un caractère très envahissant dans de nombreux pays y compris sous des latitudes et un climat comparable à ceux de la Nouvelle-Calédonie (Australie, Queensland, New South Wales). Lorsque celui-ci se retrouve dans un milieu naturel qui lui est favorable, le *Phragmites australis* peut se propager très rapidement en prenant la place de la végétation établie. Sa propagation entraîne des modifications profondes des régimes hydrologiques des milieux humides qu'il colonise, il altère la composition des milieux naturels et augmente leur capacité d'inflammabilité. Sa biomasse importante bloque la lumière pour d'autres plantes au dessus du sol et occupe l'espace racinaire jusqu'à un mètre de profondeur dans le sous-sol, transformant ainsi les communautés de plantes en des monocultures de *Phragmites* (Saltonstall 2008).

Le lit de *Phragmites australis* de Rivière Salée jouxte le lac de Rivière Salée ainsi qu'une zone de mangrove dégradée qui correspondent à des milieux tout à fait propices à une éventuelle colonisation (voir fig. 3). Si le *Phragmites* s'échappait de la Station, il se trouverait donc très probablement dans un contexte écologique potentiellement favorable à une expansion rapide dans le milieu.



Fig 3. Le lit de *Phragmites australis* (fléché en rouge) de la Station de traitement des eaux de Rivière Salée et son environnement immédiat.

Si aucune trace d'établissement de l'espèce dans le milieu environnant n'a été observée pour le moment, cela ne signifie pas pour autant que le risque d'invasion est nul. Tout d'abord parce qu'une production non négligeable de caryopses a été mise en évidence. Ensuite parce que dans le processus d'invasion, plusieurs phases sont observées dont une phase de latence durant laquelle l'espèce peut survivre dans le milieu (y compris sous forme de graines enfouies dans le sol) sans pour autant devenir envahissante. L'invasion biologique se déclenche souvent à la faveur de modifications écologiques ou biologiques du milieu ou encore lors du franchissement d'un seuil démographique par la population fondatrice (Soubeyran 2008). L'exemple de colonisation du Canada par la souche exotique de *Phragmites australis* est représentatif. Le « roseau exotique » ne s'est presque pas propagé entre le moment présumé de son introduction (vers 1916) et le début des années 1960. Il a fallu attendre l'expansion et l'amélioration (pavage) du réseau routier à l'échelle de la province pour constater la propagation rapide du génotype exotique dans la partie sud du Québec. Le génotype est donc resté « en dormance » jusqu'à ce que les conditions soient favorables à son développement (Lelong 2008).

Recommandations

Suite à nos observations et dans le contexte bien défini du système observé à la station de traitement des eaux de Rivière Salée, l'utilisation de la souche de *P. australis* actuellement en usage nous semble envisageable, la plante ne s'étant pas échappée malgré 1) son introduction 5 ans auparavant, et 2) sa capacité avérée à produire des caryopses morphologiquement normalement constitués. Cependant cette utilisation devrait être accompagnée d'un certain nombre de précautions :

- **couper systématiquement les inflorescences/infrutescences** afin d'empêcher la production de caryopses. Cela représente sans doute le moyen le plus simple et le plus efficace de s'assurer qu'aucune semence n'est produite mais **nécessite une grande rigueur et une régularité dans le suivi**. En effet si la majorité des chaumes fleurissent et fructifient en même temps, quelques pieds pourront toujours fleurir en décalage ce qui nécessitera une attention régulière.
 - **Ou**, une autre possibilité consisterait à mettre en place un grillage ou un filet très fin afin d'intercepter les graines. Cette autre solution demande une installation un peu plus complexe et nécessite un entretien rigoureux, avec le risque de détérioration en cas d'évènement climatique fort. Le devenir des graines recueillies dans le filet devrait également être géré avec attention. Cette deuxième solution nous semble moins pertinente.
- **Continuer à effectuer des suivis au moins biannuels autour du lac de Rivière Salée et le long du déversoir** en lisière de mangrove afin de s'assurer que le *Phragmites* ne s'échappe pas, ou bien qu'il n'est pas déjà échappé sous forme de graines, qui seraient restées en dormance.
- **Faire preuve d'une grande prudence quand au devenir des rhizomes** après faucardage car si nous avons vu que la germination des graines est assez délicate, la colonisation par fragment de rhizome est au contraire

extrêmement efficace et présente cette fois un risque élevé. Les modalités de traitement des rhizomes devront être étudiées très attentivement afin qu'aucun fragment de rhizome vivant ne soit disséminé sur le territoire. Des différences importantes en matière de résistance des rhizomes semblent exister entre les différentes souches c'est pourquoi il nous est difficile de préconiser une méthodologie plutôt qu'une autre pour le traitement. Un brulage avant compostage pourrait être envisagé.

- L'utilisation des souches de *Phragmites* déjà présentes en milieu naturel sur le territoire avait été envisagée. Toutefois, n'ayant pas de certitude que ces souches « locales » soient vraiment autochtones et n'ayant, de plus, observé aucune trace de dissémination des souches de Rivière Salée dans le milieu ; nous ne voyons pas d'inconvénient à ce que la souche de Rivière Salée continue à être utilisée. Toutefois, nous recommandons de **ne plus importer de nouvelles souches** mais de privilégier la multiplication végétative de la souche déjà introduite, et répondant aux besoins de la Société. Ceci afin de ne pas multiplier les risques de faire entrer sur le territoire un haplotype potentiellement envahissant.

La prise de conscience des risques liés aux espèces exotiques envahissantes est relativement récente, mais nous oblige désormais à revoir notre manière d'utiliser les ressources naturelles. De manière générale, une réflexion en amont sur l'utilisation d'espèces locales dans tout procédé biologique devrait avoir lieu, ce qui enlèverait immédiatement la problématique du risque d'introduction d'une espèce envahissante.

Bibliographie

- Beauvais, M.-L., A. Coléno, et al., Eds. (2006). Les espèces envahissantes dans l'Archipel néo-calédonien. Collection Expertise collégiale, Institut de Recherche pour le Développement.
- Burdick, D. M. and R. A. Konisky (2003). "Determinants of Expansion for *Phragmites australis*, Common Reed, in Natural and Impacted Coastal Marshes." Estuaries **26**(2B): 9.
- Chambers, R. M., L. A. Meyerson, et al. (1999). "Expansion of *Phragmites australis* into tidal wetlands of North America " Aquatic Botany **64**(3-4): 12.
- Clayton, W. D., K. T. Harman, et al. (2009). "GrassBase - The Online World Grass Flora ".
- Crow, G. E. and C. B. Hellquist (2000). Aquatic and wetland plants of northeastern North America: vol. 1. Pteridophytes, gymnosperms and angiosperms, dicotyledons. Madison, Wis.
- Ekstam, B., R. Johannesson, et al. (1999). "The effect of light and number of diurnal temperature fluctuations on germination of *Phragmites australis*." Seed Science Research **9**: 5.
- Gervais, C., R. Trahan, et al. (1993). "Le *Phragmites australis* au Québec: distribution géographique, nombres chromosomiques et reproduction." Can. J. Bot. **71**(10): 7.
- GISD, G. I. S. D. (2006). "*Phragmites australis* (grass)."
- Jaffré, T., P. Bouchet, et al. (1998). "Threatened plants of New Caledonia: Is the system of protected areas adequate?" Biodiversity and Conservation **7**: 107-135.
- Jaffré, T. and G. Dagostini (2001). Evaluation et caractérisation de la flore de la zone de "The Moneo Nickel & Colbalt Project" (Cap Bocage, Massif de Monéo, Vallée de la Hô). Nouméa, IRD - Consultance pour SIRAS-Pacifique.
- Jaffré, T., P. Morat, et al. (2001). Composition et caractéristiques de la flore indigène de la Nouvelle-Calédonie. Nouméa, IRD.
- Lelong, B. (2008). La dissémination du roseau commun (*Phragmites australis*) dans le paysage québécois : une analyse spatio-temporelle. Québec, Université Laval. **Ph.D.**
- Lelong, B., C. Lavoie, et al. (2007). "Expansion pathways of the exotic common reed (*Phragmites australis*): A historical and genetic analysis. ." Diversity and Distribution **13**: 7.
- Linder, H. P. (2005). Arundineae. Flora of Australia. K. Mallett. Collingwood, CSIRO Publishing. **44B**: 5-9.
- Maheu-Giroux, M. and M. S. D. Blois (2007). "Landscape ecology of *Phragmites australis* invasion in networks of linear wetlands." Landscape Ecology **22**: 16.
- McKee, J. and A. J. Richards (1996). "Variation in seed production and germinability in common reed (*Phragmites australis*) in Britain and France with respect to climate." New Phytologist **133**: 10.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, et al. (2000). "Biodiversity hotspots for conservation priorities." Nature **403**: 853-858.
- Olson, L. J. (2006). "The economics of Terrestrial Invasive Species : A Review of the Literature." Agricultural and Resource Economics Review **35**(1): 14.
- Saltonstall, K. (2002). "Cryptic invasion by a non-native genotype of the common reed, *Phragmites australis*, into North America." PNAS **99**(4): 5.

- Saltonstall, K. (2008). "Plant Conservation Alliance's Alien Palnt Working group LEAST WANTED : Common Reed." Plant Conservation Alliance's Alien Palnt Working group LEAST WANTED.
- Soubeyran, Y. (2008). Espèces exotiques envahissantes dans les collectivités françaises d 'outre-mer. Etat des lieux et recommandations. Planète Nature. C. f. d. l'UICN. Paris.
- UICN. (2009). "Initiative sur les espèces exotiques envahissantes envahissantes en outre-mer."
- Weber, E. (2003). Invasive plant species of the World, a reference guide to environmental weeds. Wallingford, CABI Publishing.

ANNEXE 14

**Extrait du guide à l'attention des maîtres
d'œuvres pour les aider à la rédaction de cahier
des charges (CCTP) s'appliquant à la mise en
œuvre de la filière d'épuration par filtres plantés
de roseaux**



CADRE GUIDE

POUR UN

Conseil Général
de l'Agriculture,
de l'Alimentation et
des Espaces Ruraux

Pôle d'Appui
Technique

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES

CCTP

FILTRES PLANTES DE ROSEAUX

Avril 2007

Avertissement

Le document guide ci-après constitue une aide au maître d'œuvre qui doit rédiger un CCTP adapté aux travaux objet de son marché. Le présent cadre de CCTP s'applique à la filière d'épuration par « Filtres Plantés de Roseaux ». Il ne peut en aucun cas être reproduit dans un marché sans adaptation ni compléments éventuels nécessaires. Son application partielle ou intégrale est de l'exclusive responsabilité de son utilisateur.

Ce document : Cadre guide pour un CCTP Filtres Plantés de Roseaux décrit la seule filière dite « classique », c'est à dire celle constituée de 2 étages de filtres à flux vertical pour un dimensionnement global de l'ordre de 2 à 2,5 m²/hab. Appliquée au monde rural, c'est, parmi les filières utilisant des végétaux, celle qui est la plus développée en France; elle peut servir de base de référence à tout autre projet innovant. **Dans cette hypothèse, la consultation doit être ouverte aux variantes tout en mentionnant les exigences minimales (articles 50 et 157 du Code des Marchés Publics).**

Ce document guide a été élaboré selon le plan du CCTG fascicule n°81- titre II : « conception et exécution d'installations d'épuration d'eaux usées »; la présentation en deux tableaux est maintenue, le coté droit mentionnant le texte, le coté gauche les commentaires. Les éléments spécifiques à la filière Filtres Plantés de Roseaux ont évidemment été intégrés dans le corps du texte. Tous les articles du CCTG dérogatoires, totalement ou partiellement, à l'élaboration d'un tel CCTP sont identifiés dans les commentaires puis récapitulés en annexe B.

Ce travail, initié par le Pôle d'Appui Technique aux services déconcentrés du ministère de l'Agriculture avec le soutien du Cemagref de Lyon, a été réalisé à l'aide d'un groupe de travail constitué de :

Jean-Sylvain	BOIS	Conseil Général 82 / SATESE
Catherine	BOUTIN	PAT/ CGAAER <i>animation du groupe de travail</i>
Vincent	BOUVARD	Conseil Général 38 / DAT SATESE
Gilian	CADIC	ENGREF Montpellier
Pierre-Henri	DODANE	Cemagref Lyon
Arthur	IWEMA	Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse
Pierre	LAPAUZE	DDAF 73
Jacques	LESAVRE	Agence de l'eau Seine Normandie
Yves	PIGNEUR	DDAF 63
Denis	SAVOYE	DDAF 07
Denis	THOUMY	DDAF 42

Les éléments techniques mentionnés dans ce document guide s'appuient sur l'expérience de chacun des membres du groupe de travail, ainsi que sur les articles et documents suivants :

- AGENCE DE L'EAU SEINE NORMANDIE, CONSEIL GENERAL DE L'EURE, CONSEIL GENERAL DE SEINE MARITIME, 2001, Epuración des eaux usées domestiques par filtration sur sable – prescriptions et recommandations pour la conception et la réalisation. Mai 2001. 56p
- GROUPE MACROPHYTES ET TRAITEMENT DES EAUX, AGENCE DE L'EAU RHONE MEDITERRANEE ET CORSE, 2005, Epuración des eaux usées domestiques par filtres plantés de macrophytes. Recommandations techniques pour la conception et la réalisation. Juin 2005. 44p
- INSTITUT NATIONAL de RECHERCHE et de SECURITE, 2006, Conception des usines d'épuration des eaux résiduaires. Préconisations à l'intention des maîtres d'ouvrages en vue d'assurer la sécurité et la protection de la santé des personnels d'exploitation et de maintenance. *ED 968*. Juin 2006. 67p
- MOLLE P., LIENARD A., BOUTIN C., MERLIN G. et IWEMA A., 2004, Traitement des eaux usées par marais artificiels : état de l'art et performances des filtres plantés de roseaux en France. *Ingénieries EAT*, n°spécial 2004, 23-32

Ce document s'appuie également sur l'expérience de personnes qui ont accepté d'en assurer une relecture, la plus souvent, détaillée. Il s'agit de:

- T. ADIN (DDAF 81), J-L. BARRIER (DDAF 72), G. BERNAD (DDAF 24), E. BORGNE (DDAF 57), JC. DIETLIN (DDAF 57), D. DORCHIES (DDAF 86), G. HENRION (DDAF 57), B. LAGET (DDAF 05), I. LEVAVASSEUR (DDAF 86), J-P. RIERA (DDAF 09),
- M. DUBOL et A FINET (CGAAER, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche),
- D. COLIN et J. LALOE (Agence de l'eau Rhin-Meuse),
- L. BRULE et S. JAYLE (SATESE 37),
- P. MOLLE (Cemagref Lyon),
- J. PRONOST (Office International de l'Eau),
- A-G. SADOWSKI (ENGEES).

Le groupe de travail s'est réuni 6 fois entre Septembre 2005 et Novembre 2006. La synthèse des remarques a fait l'objet d'une dernière réunion en Janvier 2007. La mise en page définitive du document a été réalisée par N. Morand du Cemagref Lyon.

SOMMAIRE

CHAPITRE I – DISPOSITIONS GENERALES	9
Article I-1 : Champ d'application	9
Article I-2 : Consistance de la réalisation.....	9
Article I-3 : Emplacement et accès. Desserte par les réseaux	10
I-3.1. Inondabilité	10
I-3.2. Accès	10
I-3.3. Desserte par les réseaux.....	11
I-3.4. Canalisations de dérivation et de rejet.....	11
Article I-4 : Sécurité générale dans les installations.....	11
Article I-5 : Caractéristiques géotechniques du terrain.....	11
Article I-6 : Contraintes d'environnement	11
I-6.1. Bruits	11
I-6.2. Odeurs.....	11
I-6.3. Ventilation générale du local et/ou confinement d'équipements spécifiques.....	12
I-6.4. Aspects architecturaux et paysagers.....	12
Article I-7 : Ouvrages existants	12
Article I-8 : Origine et caractéristiques des eaux usées à traiter.....	12
Article I-9 : Destination des boues, résidus solides et autres sous-produits	14
Article I-10 : Assurance de la qualité.....	14
CHAPITRE II - PERFORMANCES EXIGÉES	15
Article II-1 : Qualité du traitement.....	15
II-1.1. Effluent rejeté	15
II-1.2. Boues.....	16
II-1.3. Résidus solides	16
II-1.4. Fumées	16
Article II-2 : Capacité de traitement et domaine de traitement garanti.....	16
II-2.1. Capacité de traitement	16
II-2.2. Domaine de traitement garanti	17
Article II-3 : Convenance des installations; performances garanties	18

CHAPITRE III - CONCEPTION DE L'INSTALLATION, ELABORATION DU PROJET.....	19
Article III-1 : Conception générale, fiabilité, sécurité de fonctionnement	19
Article III-2 : Dérivation, déversoirs d'orages et répartiteur de débit	20
III-2.1. Dérivation	20
III-2.2. Déversoirs d'orage	20
III-2.3. Répartiteur de débit.....	20
Article III-3 : Bassins d'orage ou de stockage.....	20
Article III-4 : Dégrillage, dessablage, déshuilage et autres prétraitements.....	21
Article III-5 : Ouvrages de réception des produits de vidange.....	22
Article III-6 : Relèvement	22
Article III-7: Coagulation, floculation, traitement chimique.....	22
Article III-8 : Décantation primaire	22
Article III-9 : Epuration biologique- Dispositifs à culture fixée.....	22
III-9.1. Systèmes d'alimentation	24
III-9.2. Composition des filtres	26
III-9.3. Revanches	28
III-9.4. Choix des plantes	29
Article III-10 : Désinfection	29
Article III-11 : Extraction, transfert et prétraitement des boues.....	29
Article III-12 : Epaissement	29
Article III-13 : Stabilisation.....	29
Article III-14 : Conditionnement et déshydratation.....	29
Article III-15 : Séchage et incinération.....	29
Article III-16 : Canalisations	29
III-16.1. Canalisations de liaison entre ouvrages	30
III-16.2. Canalisations d'eau potable.....	30
III-16.3. Canalisations des systèmes de distribution	30
III-16.4. Canalisations de collecte des eaux	31
Article III-17 : Manutention, stockage et évacuation des boues et autres sous-produits de l'installation.....	31
Article III-18 : Désodorisation.....	31

Article III-19 : Mesures, contrôle, régulation	31
III-19.1. Appareillage obligatoire.....	32
III-19.2. Débits d'eau.....	32
III-19.3. Temps de fonctionnement.....	32
III-19.4. Oxygénation.....	32
III-19.5. Digestion anaérobie chauffée.....	32
III-19.6. Déshydratation des boues.....	32
III-19.7. Énergie électrique.....	32
III-19.8. Mesure des débits et prélèvements.....	32
III-19.9. Régulation.....	33
III-19.10. Tableau de commande.....	33
Article III-20 : Alimentation et équipements électriques.....	34
Article III-21 : Eclairage.....	34
Article III-22 : Distribution d'eau et installations sanitaires.....	34
Article III-23 : Télécommunications.....	34
Article III-24 : Stockage des réactifs, des carburants et des huiles.....	34
Article III-25 : Protection et sécurité du personnel.....	34
Article III-26 : Engins de levage ; outillage.....	35
Article III-28 : Bureaux, laboratoires, ateliers et locaux annexes.....	35
Article III-29 : Paliers, planchers, passerelles, escaliers, échelles.....	35
Article III-30 : Voirie et espaces verts.....	35
Article III-31 : Clôture.....	35
Article III-32 : Plans et manuels d'exploitation.....	36

CHAPITRE IV - PROVENANCE ET SPÉCIFICATIONS RELATIVES AUX MATÉRIAUX, PRODUITS ET MATÉRIELS CONSTITUTIFS.....38

Article IV-1 : Spécifications générales relatives aux matériels et matériaux.....	38
Article IV-2 : Conformité aux normes. Cas d'absence de normes. Contrôle technique en usine.....	38
Article IV-3 : Qualité et essais des matériaux, produits et matériels constitutifs.....	39
IV-3.1. Granulats.....	39
IV-3.2. Liants hydrauliques, eau de gachage et adjuvants.....	40
IV-3.3. Aciers.....	40
IV-3.4. Autres matériaux et produits entrant dans la composition des bétons et maçonnerie.....	40
IV-3.5. Bois.....	41
IV-3.6. Matériaux de couverture et de bardage.....	41
IV-3.7. Peintures et protection anti-corrosion.....	41

IV-3.8. Canalisations.....	41
IV-3.9. Vannes – Dispositifs d’isolement	43
IV-3.10. Ferronnerie - Caillebotis	43
IV-3.11. Géosynthétiques.....	44
IV-3.12. Roseaux.....	45
IV-3.13. Regards	45
CHAPITRE V - CALCUL DES OUVRAGES ET EXECUTION DES TRAVAUX	46
Article V-1 : Calcul des ouvrages et exécution des travaux : généralités	46
V-1.1. Note de calcul spécifique pour les systèmes d’alimentation.....	46
Article V-2 : Fouilles et terrassements.....	47
Article V-3 : Fondations et pentes des talus	47
Article V-4 : Massifs filtrants	48
V-4.1. Etanchéité par géomembrane	48
V-4.2. Etanchéité par sol en place ou rapporté.....	48
Article V-5 : Bassins, cuves et réservoirs en béton armé ou non.....	49
Article V-6 : Charpente métallique.....	49
Article V-7 : Etanchéité des toitures et terrasses	50
Article V-8 : Peinturage et protection contre la corrosion.....	50
Article V-9: Travaux d’installation mécanique.....	50
Article V-10 : Exécution des réseaux	50
Article V-11 : Garnissage des filtres	50
V-11.1. Réseau de collecte	50
V-11.2. Granulats	50
V-11.3 Réseau de distribution	51
V-11.4 Cloisons de séparation.....	51
V-11.5 Plantation	51
CHAPITRE VI - ÉPREUVES, ESSAIS, RÉCEPTION	52
Article VI-1 : Essais et contrôle en cours de travaux	52
VI-1.1. Granulats.....	52
VI-1.2. Géosynthétiques.....	53
VI-1.3. Plantation	53
Article VI-2 : Epreuves d’étanchéité des filtres, ouvrages annexes et canalisations.....	54
VI-2.1. Filtres	54

VI-2.2. Ouvrages annexes	55
VI-2.3. Canalisations	55
Article VI-3 : Epreuves et essais.....	55
VI-3.1. Installations de pompage	55
VI-3.2. Dispositifs d'alimentation hydraulique.....	55
Article VI-4 : Végétaux	56
Article VI-5 : Vérification des mesures nécessaires à l'auto-surveillance	57
Article VI-6 : Achèvement de la construction. Mise en route de l'installation : périodes de mise au point et d'observation. Date d'achèvement des travaux; réception.....	57
VI-6.1. Constat d'achèvement de la construction	57
VI-6.2. Période de mise au point	58
VI-6.3. Période de mise en régime	58
VI-6.4. Période d'observation.....	58
VI-6.5. Date d'achèvement des travaux, réception	59
Article VI-7 : Consistance et modalités d'exécution des essais de garantie.....	60
VI-7.1. Principe des essais de garantie	60
VI-7.2. Vérification de la qualité du traitement	60
Article VI-8 : Essais partiels	61
Article VI-9 : Conditions de réalisation des mesures de bruit.....	62
Article VI-10 : Conditions de réalisation des mesures d'émissions odorantes.....	62
A N N E X E A (CONTRACTUELLE) LISTE DES NORMES SPECIFIQUES A UN CCTP « FILTRES PLANTES DE ROSEAUX ».....	63
A NOUVELLES normes par rapport au CCTG FASCICULE 81 - Titre II.....	63
B Normes CITEES dans le CCTG FASCICULE 81 - Titre II spécifiques APPLICABLES.....	66
C Normes SANS OBJET citées dans le CCTG FASCICULE 81 - Titre II.....	69
D Normes DEROGATOIRES citées dans le CCTG FASCICULE 81 - Titre II.....	72
A N N E X E B (CONTRACTUELLE) LISTE DES FASCICULES POUR UN CCTP « FILTRES PLANTES DE ROSEAUX »	73
A NOUVEAUX fascicules par rapport au CCTG FASCICULE 81 - Titre II.....	73
B fascicules APPLICABLES spécifiques CITES dans le CCTG fascicule 81 – Titre II.....	74
C Fascicules SANS OBJET cités dans le CCTG Fascicule 81 - Titre II	76

Ce document guide a été élaboré selon le plan du CCTG fascicule 81 - titre II : Conception et exécution d'installations d'épuration d'eaux usées

Chapitre I – DISPOSITIONS GENERALES

ARTICLE I-1 : CHAMP D'APPLICATION

IDEM CCTG

ARTICLE I-2 : CONSISTANCE DE LA REALISATION

IDEM CCTG

mais suppression du découpage initial lié à l'Appel d'Offre sur Performances

Un local d'exploitation est fortement recommandé. Même de petites dimensions de type « abri de jardin », équipé d'un évier et d'un plan de travail, ce local de 4 à 5 m² est un gage d'une exploitation de qualité.

ARTICLE I-1 : CHAMP D'APPLICATION

Le présent CCTP est applicable à la conception et à l'exécution d'installations de traitement des eaux usées d'origine domestique, éventuellement mélangées avec des eaux usées d'origine industrielle ou agricole et des eaux d'origine pluviale ou phréatique.

ARTICLE I-2 : CONSISTANCE DE LA REALISATION

La réalisation de l'opération débute avec les études d'exécution et s'achève à l'issue des essais de garantie. La réalisation comprend les prestations suivantes :

I-2.1. L'établissement du projet des installations répondant aux prescriptions du dossier de consultation et la fourniture des éléments nécessaires à l'élaboration du dossier de permis de construire ;

I-2.2. L'exécution comprenant l'installation du chantier, la fourniture, le transport à pied d'œuvre de tous matériaux, matériels et équipements nécessaires, ainsi que les travaux de mise en œuvre et de montage ;

I-2.3. La fourniture et la mise en œuvre des équipements hydrauliques, mécaniques et électriques de traitement, y compris leurs organes d'entraînement et leur appareillage de commande, de protection, de contrôle et de mesure ;

I-2.4. La fourniture et la mise en œuvre des équipements divers nécessaires au bon fonctionnement, à l'entretien et à l'auto-surveillance des installations, y compris ceux qui sont nécessaires pour prévenir ou réduire les nuisances de toute nature ;

I-2.5. Les terrassements généraux, le remblaiement du terrain, les terrassements pour la fondation des ouvrages, pour la mise en place des réseaux, pour la construction de la voirie, pour l'aménagement des espaces libres ainsi que l'évacuation des déblais excédentaires ;

I-2.6. Les autres travaux de génie civil, la construction et l'équipement des bâtiments abritant les divers éléments de l'installation et des locaux d'exploitation ;

Il convient de choisir si ces essais entrent dans le cadre de ce marché ou d'une autre prestation.

ARTICLE I-3 : EMBLACEMENT ET ACCES. DESSERTE PAR LES RESEAUX

La demande de renseignements préalables est à effectuer par la maîtrise d'oeuvre auprès des gestionnaires de réseaux, avant le démarrage de l'opération..

I-3.1. INONDABILITE.

Extrait texte CCTG :

« Le caractère d'inondabilité du terrain doit être, le cas échéant, précisé ainsi que les contraintes administratives et techniques qui y sont associées. Si le dossier de consultation ne comporte aucune indication sur le niveau des plus hautes eaux, le terrain est considéré comme n'étant pas inondable »

I-3.2. ACCES

Préciser les éventuelles contraintes de voirie et les éventuelles limitations de gabarit (hauteur, tonnage, largeur, topographie,...)

I-2.7. Les ouvrages d'alimentation en eau et en énergie électrique à partir des points de branchement, ainsi que l'évacuation des eaux pluviales et des eaux usées jusqu'au point de rejet ;

I-2.8. L'exécution de l'éclairage extérieur, de la voirie intérieure, des aires de manœuvre, de stationnement et, le cas échéant, des aires de stockage des réactifs, sous-produits et résidus de l'épuration ;

I-2.9. L'exécution des clôtures avec leur signalétique spécifique (danger – interdit au public) ;

I-2.10. La réalisation des espaces verts.

I-2.11. La mise en route de l'installation et l'exécution des essais en cours de travaux et des essais de garantie (contrôle de performances).

ARTICLE I-3 : EMBLACEMENT ET ACCES. DESSERTE PAR LES RESEAUX

L'implantation est prévue sur la parcelle n°: (ou sur les parcelles n°s....)

Un plan de masse comprenant toutes indications topographiques utiles et les réseaux aériens et souterrains identifiés est joint au dossier de consultation. Ce plan mentionne précisément les points de livraison et les cotes de raccordement :

- amont,
- point de rejet,
- exutoire du by-pass

I-3.1. INONDABILITE

Le niveau connu des plus hautes eaux est à la cote...

L'implantation de l'ouvrage doit tenir compte des caractéristiques d'inondabilité du terrain retenu.

I-3.2. ACCES

L'accès se fait par

I.3.3. DESSERTE PAR LES RESEAUX

IDEM CCTG

I-3.4. CANALISATIONS DE DERIVATION ET DE REJET :

IDEM CCTG

ARTICLE I-4 : SECURITE GENERALE DANS LES INSTALLATIONS

IDEM CCTG

ARTICLE I-5 : CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES DU TERRAIN

La norme NF P 94-500 « Missions géotechniques, classification et spécifications » définit les différentes étapes des études géotechniques. Les missions G0 (sondages, essais,...) et G12 phase 1 (étude de faisabilité) correspondent au minimum indispensable.

L'étude géotechnique détaille les contraintes du sol :

- *La nature des sols : identification, terrassement routier,...*
- *La présence éventuelle d'eau et les conséquences sur le comportement du sol*
- *Les modalités de terrassement : stabilité et pentes des talus, réutilisation des matériaux en déblais / en remblais, drainage, ...*
- *Les précautions particulières pour l'implantation des ouvrages annexe*
- *La perméabilité en place et attendue après compactage.*

ARTICLE I-6 : CONTRAINTES D'ENVIRONNEMENT

IDEM CCTG

I-6.1. BRUITS

IDEM CCTG

I-6.2. ODEURS

DEROGATOIRE partiellement : *Le traitement des boues n'est ni couvert ni ventilé*

I-3.3. DESSERTE PAR LES RESEAUX

IDEM CCTG

I-3.4. CANALISATIONS DE DERIVATION ET DE REJET

IDEM CCTG

ARTICLE I-4 : SECURITE GENERALE DANS LES INSTALLATIONS

IDEM CCTG

ARTICLE I-5 : CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES DU TERRAIN

Les études géotechniques initiales sont jointes au dossier de consultation des entreprises.

Le cas échéant, avant de réaliser les travaux, l'entrepreneur procède à ses frais aux vérifications et aux reconnaissances géotechniques complémentaires qu'il juge nécessaires pour l'étude détaillée des ouvrages en vue de leur exécution. Les résultats de ces sondages et essais (effectués après passation du marché) sont consignés dans un procès-verbal qui est remis sans délai au maître d'œuvre.

ARTICLE I-6 : CONTRAINTES D'ENVIRONNEMENT

IDEM CCTG

I-6.1. BRUITS

IDEM CCTG

I-6.2. ODEURS

IDEM CCTG SAUF pour le traitement des boues

puisque'il se produit à l'air libre directement à la surface des filtres.

I-6.3. VENTILATION GENERALE DU LOCAL ET/OU CONFINEMENT D'EQUIPEMENTS SPECIFIQUES

IDEM CCTG

I-6.4. ASPECTS ARCHITECTURAUX ET PAYSAGERS

IDEM CCTG

ARTICLE I-7 : OUVRAGES EXISTANTS

IDEM CCTG

ARTICLE I-8 : ORIGINE ET CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES A TRAITER

Extrait CCTG :

« Le dossier de consultation précise les débits et flux de matières polluantes à traiter en distinguant :

- une "situation actuelle" prévue pour la date de mise en service de l'installation,
- une "situation prochaine" correspondant aux capacités nominales,
- et éventuellement une "situation future" pour laquelle une extension de l'installation devra être prévue ultérieurement (la connaissance de la situation future doit permettre de mieux prévoir, tant les surfaces occupées que les procédés de traitement).
- le surplus de pollution et sa fréquence à prendre en compte pour les événements pluvieux.
- les variations importantes de débit, de charge du fait de variations de population ou d'activité industrielle. »

Si des mesures ont été effectuées et que des valeurs sont disponibles, joindre le rapport complet afin de connaître le contexte d'acquisition de données.

I-6.3. VENTILATION GENERALE DU LOCAL ET/OU CONFINEMENT D'EQUIPEMENTS SPECIFIQUES

IDEM CCTG

1-6.4. ASPECTS ARCHITECTURAUX ET PAYSAGERS

IDEM CCTG

ARTICLE I-7 : OUVRAGES EXISTANTS

IDEM CCTG

ARTICLE I-8 : ORIGINE ET CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES A TRAITER

Les eaux usées à traiter sont constituées principalement d'influents d'origine domestique ou d'influents provenant de commerces, de services ou d'industries qui présentent des caractéristiques et une aptitude à l'épuration voisines de celles des influents domestiques.

Les eaux usées à traiter satisfont aux conditions qui figurent à l'article II-2 ci-après (domaine de traitement garanti).

Les origines des eaux usées à traiter sont les suivantes :.....

Pour chacune de ces sources de pollution, les charges organiques et hydrauliques à traiter sont les suivantes :

SOURCE 1

Charges organiques en kg/j	DBO ₅	DCO	MES	NK
<hr/>				
Situation actuelle				
<hr/>				
Situation prochaine				
<hr/>				

A défaut de données, on pourra retenir, en milieu rural, les correspondances suivantes entre charges organiques et habitant :

Paramètres	DBO ₅	DCO	MES	N	P
en g par j par hab	50	120	50	10	2

La nature des réseaux de collecte est à préciser, avec éventuellement leur correspondance en charges organiques données par temps sec telles que mentionnées dans le tableau suivant à titre indicatif:

situation	système d'assainissement (% de zone desservie)		Habitant raccordé en kg DBO ₅ .j ⁻¹
	séparatif	unitaire	
actuelle			
prochaine			
future			

Par ailleurs, le décompte des charges organiques et hydrauliques doit détailler toutes les sources d'eaux usées à traiter : artisanat, commerce, ... et ce, quel que soit leur niveau d'activités.

Le tableau I-8.2 annexé au modèle de CCTP du CCTG ainsi que la liste exhaustive, même partielle, de la NF EN 12255-11 peuvent constituer des repères utiles.

Les éventuelles quantités d'eaux claires parasites (permanentes ou non) doivent être mentionnées.

Les débits horaires nominaux permettent le dimensionnement des ouvrages hydrauliques comme les postes de relèvement, les prétraitements et les ouvrages de comptage.

Attention : la définition des charges conditionne la définition du domaine garanti de l'ouvrage (article II-2-2) ainsi que la vérification de la qualité du traitement (article VI-7-2.)

Charges hydrauliques	Temps sec*		Temps de pluie m ³ /h	Débit admissible	
	moyen m ³ /j	pointe m ³ /h		moyen m ³ /j	pointe m ³ /h
Situation actuelle					
Situation prochaine					

*Les éventuelles quantités d'eaux claires parasites sont comptabilisées dans le temps sec.

SOURCE 2

Charges organiques en kg/j	DBO ₅	DCO	MES	NK
Situation actuelle				
Situation prochaine				

Charges hydrauliques	Temps sec*		Temps de pluie m ³ /h	Débit admissible	
	moyen m ³ /j	pointe m ³ /h		moyen m ³ /j	pointe m ³ /h
Situation actuelle					
Situation prochaine					

*Les éventuelles quantités d'eaux claires parasites sont comptabilisées dans le temps sec.

SOURCE 3....

ARTICLE I-9 : DESTINATION DES BOUES, RESIDUS SOLIDES ET AUTRES SOUS-PRODUITS

DEROGATOIRE partiellement :

- *pour les sous-produits dont on ne demande pas qu'ils soient « pelletables »*
- *pour les graisses : dans le cas général où il y absence de dégraisseur séparé, les graisses sont recueillies et stockées simultanément avec les boues et non pas séparément.*

ARTICLE I-10 : ASSURANCE DE LA QUALITE

La mise en place d'un Plan d'Assurance Qualité peut être envisagé. Dans ce cas, il est possible de se référer au document suivant :

SETRA (1991) Mise en œuvre des plans d'assurance de la qualité. Exécution des ouvrages en béton armé et en béton précontraint. guide pour les entrepreneurs et les maîtres d'œuvre. Décembre 1991, 53p.

ARTICLE I-9 : DESTINATION DES BOUES, RESIDUS SOLIDES ET AUTRES SOUS-PRODUITS

Les boues résultant du traitement des eaux usées sont destinées à une valorisation agricole dans la mesure où leur composition est conforme à la réglementation en vigueur; dans le cas contraire, d'autres voies de valorisation sont à envisager.

Les boues en surface des filtres du 1^{er} étage doivent pouvoir être stockées sur une hauteur optimale de 20cm.

Les installations sont telles que les autres résidus solides et sous-produits sont délivrés sous la forme de solides égouttés en vue d'une élimination ou d'un traitement dans une installation recevant des déchets ménagers et assimilés (centre d'enfouissement technique, usine d'incinération,...).

ARTICLE I-10 : ASSURANCE DE LA QUALITE

SANS OBJET

CHAPITRE II - PERFORMANCES EXIGÉES

ARTICLE II-1 : QUALITE DU TRAITEMENT

Extrait texte CCTG

II-1.1. EFFLUENT REJETE

Les seuils de qualité sont à définir. Ils sont généralement issus des dossiers de déclaration ou d'autorisation, ou, en leur absence, de la réflexion du Maître d'œuvre. L'objectif sur le paramètre NK n'est pas systématique.

Ce type d'installation fournit le niveau de qualité D4 défini par la circulaire n°97-31 du 17 février 1997, c'est à dire :

- $DCO < 125 \text{ mg.L}^{-1}$
- $DBO_5 < 25 \text{ mg.L}^{-1}$

Les performances réelles sont souvent bien meilleures. Le tableau ci-dessous reflète les valeurs mesurées sur le territoire français, dans 95% des cas, à la sortie d'une filière constituée de 2 étages de filtres plantés de roseaux à flux vertical.

Qualité du rejet		DCO	MES	NK
concentration	en mg.L^{-1}	< 80	< 20	< 18
rendement	en %	> 88	> 93	> 80

La filière CLASSIQUE ne permet ni la déphosphatation, ni la dénitrification, ni d'atteindre d'éventuels objectifs sanitaires.

Pour obtenir une nitrification plus poussée, il convient d'accroître la surface du premier étage jusqu'à $1,5 \text{ m}^2/\text{hab}$. Pour une emprise totale de $1,5 + 0,8 \text{ m}^2/\text{hab}$, la concentration en NK est alors inférieure à 10 mg.L^{-1} .

Un accroissement de la hauteur de la couche de matériaux peut se justifier en cas de recherche de qualité améliorée sur certains paramètres (cf commentaire Art III-9.2).

ARTICLE II-1 : QUALITE DU TRAITEMENT

L'installation est conçue et construite de façon à obtenir les qualités d'effluent rejeté, de boues et de résidus solides fixées dans le domaine de traitement garanti défini à l'article II-2 ci-après. Ces qualités sont vérifiées conformément à l'article II-3.

II-1.1. EFFLUENT REJETE

L'objectif de traitement est d'atteindre au moins les seuils de concentration (en moyenne sur 24 heures) suivants :

- $DCO < \dots \text{mg.L}^{-1}$
- $DBO_5 < \dots \text{mg.L}^{-1}$
- $MES < \dots \text{mg.L}^{-1}$
- $NK^{(*)} < \dots \text{mg.L}^{-1}$

(*) si les exigences du milieu l'imposent

II-1.2. BOUES

DEROGATOIRE

La hauteur de boues accumulée s'élève à 1,5 cm/an pour une installation fonctionnant autour de 75% de sa capacité, soit un volume annuel estimé à 20 L/hab pour une masse annuelle stockée de 6kg MS/hab.

II-1.3. RESIDUS SOLIDES

II-1.4. FUMÉES

ARTICLE II-2 : CAPACITE DE TRAITEMENT ET DOMAINE DE TRAITEMENT GARANTI

II-2.1. CAPACITE DE TRAITEMENT

II-1.2. BOUES

Les boues sont stabilisées, minéralisées et déshydratées en aérobiose à la surface des filtres du premier étage.

Leur siccité moyenne attendue est supérieure à 20%.

II-1.3. RESIDUS SOLIDES

SANS OBJET

II-1.4. FUMÉES

SANS OBJET

ARTICLE II-2 : CAPACITE DE TRAITEMENT ET DOMAINE DE TRAITEMENT GARANTI

II-2.1. CAPACITE DE TRAITEMENT

La capacité de traitement de l'installation est caractérisée par des débits et des charges nominales (correspondant au cumul des charges calculées en situation prochaine) pour lesquelles est assuré le niveau de traitement conforme aux objectifs de qualité du rejet dans le milieu naturel, rappelés dans l'article II-1.

Pour la charge organique, on utilise les paramètres ci-dessous :

en kg/j	DBO ₅	DCO	MES	NK*
Charge nominale				

*si besoin selon objectif de qualité

Pour la charge hydraulique, on distinguera les débits de temps sec et le débit de temps de pluie :

	Temps sec*		Temps de pluie m ³ /h	Débit nominal	
	moyen m ³ /j	pointe m ³ /h		moyenne m ³ /j	pointe m ³ /h
Débits					

* Attention, les éventuelles eaux claires parasites sont comptabilisées dans le temps sec.

II-2.2. DOMAINE DE TRAITEMENT GARANTI

II-2.2.1. Conditions de charge et de débit

DEROGATOIRE : le domaine de traitement garanti s'étend de 0 à 100% de la capacité nominale et s'applique même si les charges hydrauliques et organiques n'atteignent pas 33%

Le traitement n'est pas garanti au-delà des charges nominales. Au stade de la vérification de la qualité du traitement (article VI-7.2), ces hypothèses de surcharges ne sont donc pas envisagées.

II-2.2.2. Conditions de composition moyenne de l'influent

Extrait commentaire CCTG : « Le domaine de traitement garanti défini ci-contre correspond au cas général d'eaux usées composées essentiellement d'influents domestiques mais les limites indiquées peuvent être dépassées, notamment lorsque les eaux à traiter comportent une part d'influents industriels. »

DEROGATOIRE car

- seuil à 33% non retenu et
- absence de conformité demandée en rendements, ou en rendements et concentrations

Attention : Si les concentrations des influents à traiter atteignent effectivement 125% des concentrations moyennes nominales correspondantes, la qualité du rejet risque de ne pas être atteinte, même en cas de faible charge organique apportée.

II-2.2. DOMAINE DE TRAITEMENT GARANTI

La qualité de traitement conforme aux spécifications de l'article II-1 est assuré lorsque les conditions suivantes sont simultanément remplies :

II-2.2.1. Conditions de charge et de débit

- les masses journalières de DBO₅, DCO, MES (et NK si objectif de qualité sur ce paramètre) reçues sont inférieures ou égales aux charges nominales respectives ;
- le débit horaire de pointe traité est inférieur ou égal au débit horaire nominal ;
- le débit journalier est inférieur ou égal au débit journalier nominal.

Rappel : Les charges hydrauliques et organiques définies pour la situation actuelle, rappelées ci-dessous entrent dans le domaine de traitement garanti.

Charge organique en situation actuelle en kg/j	DBO ₅ DCO MES NK				
	Temps sec*		Temps de pluie	Débit admissible	
Débits en situation actuelle	moyen	pointe	m ³ /h	moyen	pointe
	m ³ /j	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /j	m ³ /h

II-2.2.2. Conditions de composition moyenne de l'influent

- Pour chaque ensemble de conditions nominales (charges, débits) et d'objectifs de traitement correspondants, les concentrations moyennes en DBO₅, DCO, MES et NK sont inférieures à 125% des concentrations moyennes nominales correspondantes (rapport des charges nominales au débit journalier nominal).

DEROGATOIRE partiellement pas de condition sur un effluent décanté.

En absence d'objectif spécifique de nitrification, cet article devient « SANS OBJET »

Apporter des précisions supplémentaires si objectifs azote global et/ou phosphore recherchés. Vérifier au minimum que $DBO_5/N/P$ soient dans les ratios 100/5/1

II-2.2.3. Autres conditions relatives à la qualité de l'influent

En cas de rejet d'origine industrielle, cet article peut devenir DEROGATOIRE. Adapter la liste des paramètres spécifiques définis dans le CCTG au cas particulier à traiter.

ARTICLE II-3 : CONVENANCE DES INSTALLATIONS ; PERFORMANCES GARANTIES

Il ne paraît pas possible de demander une garantie sur la qualité de la boue et sa siccité.

Le bilan prévisionnel d'exploitation, défini pour les situations actuelle et prochaine, doit apparaître sous forme de tableau avec les différents taux de charges.

Extrait commentaires CCTG :

« Le Règlement de la consultation précise normalement les conditions dans lesquelles un compte prévisionnel d'exploitation doit être établi. Il est souhaitable que celui-ci évalue, au moins pour l'ensemble du traitement des eaux, des boues, et de l'air, la consommation électrique de l'installation, les besoins en main-d'œuvre, en eau et en réactifs de toutes sortes et l'entretien courant. Il est également souhaitable qu'il comprenne l'évacuation en décharge de tous les sous-produits de l'épuration pour lesquels une autre destination n'est pas spécifiée. »

Extrait commentaires CCTG :

« Les exigences particulières éventuelles concernant l'organisation du travail (un ou plusieurs postes) doivent également être précisées. »

- La concentration moyenne en DCO (rapport du poids journalier de DCO reçu au débit journalier) est inférieure ou égale à 1200 mg/L et le rapport DCO/DBO_5 , mesuré dans les mêmes conditions, est inférieur ou égal à 4.
- La concentration moyenne en azote Kjeldahl (rapport du poids journalier d'azote reçu au débit journalier) est inférieure 100mg.L⁻¹.

II-2.2.3. Autres conditions relatives à la qualité de l'influent

SANS OBJET

ARTICLE II-3 : CONVENANCE DES INSTALLATIONS; PERFORMANCES GARANTIES

La convenance des installations est vérifiée aux essais de réception.

Les performances garanties concernent, pour les situations actuelles et prochaines définies à l'article I-8, au moins :

- la capacité de traitement ;
- la qualité du traitement ;
- les besoins en main d'œuvre ;
- les consommations d'énergie électrique et d'eau potable.

Les consommations d'électricité sont garanties par l'entrepreneur pour chacun des ensembles de charges nominales et d'objectifs de traitement ainsi que pour l'ensemble de charges probablement disponibles lors des essais de garantie.

Le bilan prévisionnel d'exploitation doit spécifier séparément la fréquence et le coût global de l'opération de curage et d'évacuation des boues du premier étage ainsi que leur devenir.

CHAPITRE III - CONCEPTION DE L'INSTALLATION, ELABORATION DU PROJET

ARTICLE III-1: CONCEPTION GENERALE, FIABILITE, SECURITE DE FONCTIONNEMENT

Extrait commentaires CCTG :

« Pour chaque élément sensible, le constructeur décrira dans le cadre de sa réponse à la consultation :

- toutes les défaillances prévisibles de cet élément et les arrêts prolongés pour entretien
- les effets de ces défaillances sur le fonctionnement général de la station
- le degré de gravité vis-à-vis de l'objectif de performance
- le moyen de détection proposé face à la défaillance
- les mesures préventives proposées
- l'impact attendu de ces mesures vis-à-vis de l'objectif de performances

Une présentation sous forme de tableau préparé par le Maître d'œuvre pourra faciliter le dépouillement. »

ARTICLE III-1 : CONCEPTION GENERALE, FIABILITE, SECURITE DE FONCTIONNEMENT

L'installation est conçue de manière à satisfaire aux exigences fonctionnelles définies à l'article II-2, dans toutes les conditions climatiques et, sauf stipulations contraires, même pendant les opérations périodiques d'entretien.

Les ouvrages sont conçus pour permettre une extension aisée de la station d'épuration.

Les ouvrages sont conçus et disposés de manière à faciliter l'entretien et tout particulièrement l'extraction des boues au 1^{er} étage.

L'entrepreneur fournit une note de fiabilité détaillée abordant, au moins :

- les risques de colmatage,
- les risques de débordement des filtres,
- les risques induits par le gel.

Mentionnant toutes les pièces et ouvrages sujettes à ces risques, cette note précise tout particulièrement les organes suivants:

- Les ouvrages d'arrivée,
- Les ouvrages de prétraitement (dégrillage),
- Les dispositifs d'isolement des filtres,
- Les pompes,
- Les dispositifs de vidange du réservoir de stockage (réglage, présence de graisse...) Si ce dispositif est un siphon, la note de fiabilité stipule la bonne vidange du flotteur et le vieillissement du flexible à l'aide éventuellement de la notion d'usure à 1000 déclenchements par exemple.
- Les réseaux de distribution et tout particulièrement celui du 2^{ème} étage
- Le fonctionnement des éventuelles dérivations

ARTICLE III-2 : DERIVATION, DEVERSOIRS D'ORAGES ET REPARTITEUR DE DEBIT

III-2.1. DERIVATION

DEROGATOIRE partiellement :

les ouvrages ne peuvent pas tous être isolés indépendamment ; effectivement, si les eaux usées ne transitent pas par le premier étage, elles ne doivent pas et ne peuvent donc pas être envoyées sur le second étage. C'est donc le by-pass général qui fonctionne dans ce cas-là.

Un by-pass du second étage peut s' envisager sous certaines conditions.

III-2.2. DEVERSOIRS D'ORAGE

III-2.3. REPARTITEUR DE DEBIT

Les canalisations à l'aval du répartiteur doivent pouvoir accepter le volume et le débit supplémentaires dû à l'arrêt d'une des files.

S'assurer du fonctionnement, même avec le plus petit débit

Prévoir le fonctionnement lors des variations de charges hydrauliques

Organiser, si nécessaire, les extensions

ARTICLE III-3 : BASSINS D'ORAGE OU DE STOCKAGE

- Le répartiteur de débit

L'entrepreneur précise les modalités de vidange des ouvrages et le fonctionnement retenu pendant ces opérations d'entretien ou de maintenance.

ARTICLE III-2 : DERIVATION, DEVERSOIRS D'ORAGES ET REPARTITEUR DE DEBIT

III-2.1. DERIVATION

La dérivation générale de la station s'effectue après l'ouvrage de dégrillage. Dans le cas contraire, elle est munie d'une grille à large écartement

III-2.2. DEVERSOIRS D'ORAGE

Les déversoirs d'orage sont conçus de manière à permettre un réglage du débit admis sur l'installation.

En tête d'installation, il est de type ajustable dans le temps, éventuellement par simple réglage manuel.

III-2.3. REPARTITEUR DE DEBIT

L'entrepreneur fournit une note explicative sur les diverses fonctions du répartiteur, et tout particulièrement sur:

- l'isolement de chaque ligne ou appareil ;
- la limitation d'accumulation des dépôts dans les canalisations ;
- la répartition des débits sur la totalité des surfaces disponibles.

ARTICLE III-3 : BASSINS D'ORAGE OU DE STOCKAGE

SANS OBJET

ARTICLE III-4 : DEGRILLAGE, DESSABLAGE, DESHUILAGE ET AUTRES PRETRAITEMENTS

DEROGATOIRE partiellement :

Le CCTG impose un dégrillage automatique

La vitesse théorique lors du passage à travers le dégrilleur ne doit pas dépasser 1,2 m/s au débit maximal. Pour éviter des dépôts inopinés, la vitesse dans le canal d'amenée n'est pas inférieure à 0,3 m/s au débit minimal.

La taille du dégrillage a un impact sur la fréquence des interventions d'entretien pour réduire les risques de colmatage: plus il est fin, plus les fréquences d'entretien seront rapprochées. Un dégrillage fin retient une quantité plus importante de déchets à gérer en tant que sous-produits.

En cas de réseau unitaire, l'installation de deux dégrilleurs en série, un premier de 40-50 mm et un second de 20 mm permet de mieux protéger la station des matières solides en quantité plus importante.

L'épaisseur des barreaux est inférieure à 10 mm; ils doivent pourtant rester résistants

Le volume de stockage du panier dégrilleur est généralement d'au moins 50 litres. Le fond du panier dégrilleur, éventuellement pourvu de barreaux, est de type couvercle amovible.

Attention, penser à prévoir cette alimentation en eau potable dans le lot approprié

DEROGATOIRE partiellement :

Le CCTG impose un dégraisseur-déshuileur aéré.

En réseau gravitaire unitaire, un décaillouteur peut s'avérer utile.

ARTICLE III-4 : DEGRILLAGE, DESSABLAGE, DESHUILAGE ET AUTRES PRETRAITEMENTS

Le dégrillage, obligatoire, peut être manuel ou automatique. Les vitesses théoriques de passage, minimales et maximales, sont justifiées

Le dégrillage grossier de 40 à 50 mm d'entrefer est suffisant ; le choix d'un entrefer plus fin doit être clairement justifié ; dans tous les cas, sa taille doit être en cohérence avec tous les dispositifs installés à l'aval.

Les barreaux sont d'épaisseur fine afin de limiter toute sédimentation dans cette zone.

Les éléments suivants doivent être prévus :

- Une dérivation, en cas de colmatage du dégrilleur.
- Un outil de raclage adapté à la largeur et à l'entrefer de chaque grille.
- Un bac d'égouttage et de stockage des déchets.
- Un dispositif de stockage des déchets égouttés.

Dans le cas d'une alimentation par un poste de relevage, on installe un dégrillage automatique ou un panier dégrilleur. Ce dernier, relevable, en matériau non corrodable ainsi que son système de guidage et sa chaîne de relevage, est placé directement dans le poste de relèvement à l'embouchure de la canalisation d'amenée. Il possède un entrefer de 40 à 50 mm.

Une alimentation en eau potable est nécessaire à proximité de ces ouvrages de prétraitement.

Sauf cas particulier justifié, l'installation d'ouvrage de dessablage et dégraissage associé ou non est inutile.

ARTICLE III-5 : OUVRAGES DE RECEPTION DES PRODUITS DE VIDANGE

ARTICLE III-6 : RELEVEMENT

ARTICLE III-7: COAGULATION, FLOCCULATION, TRAITEMENT CHIMIQUE

ARTICLE III-8 : DECANTATION PRIMAIRE

ARTICLE III-9 : EPURATION BIOLOGIQUE- DISPOSITIFS A CULTURE FIXEE

DEROGATOIRE partiellement :

Le sable est forcément lavé et non pas : « le cas échéant »

Le nombre de filtres en parallèle est déterminé par le rapport «temps d'alimentation / temps de repos» que l'on gère par la rotation de l'alimentation des filtres.

Par souci de facilité d'exploitation, il est possible d'alimenter le 2^{ème} étage au même rythme que le 1^{er}.

Par temps sec et en absence d'eaux claires parasites, ces règles conduisent à admettre sur le filtre du 1^{er} étage en fonctionnement une lame d'eau de

ARTICLE III-5 : OUVRAGES DE RECEPTION DES PRODUITS DE VIDANGE

SANS OBJET

ARTICLE III-6 : RELEVEMENT

IDEM CCTG

ARTICLE III-7: COAGULATION, FLOCCULATION, TRAITEMENT CHIMIQUE

SANS OBJET

ARTICLE III-8 : DECANTATION PRIMAIRE

SANS OBJET

ARTICLE III-9 : EPURATION BIOLOGIQUE- DISPOSITIFS A CULTURE FIXEE

La filière « filtres plantés de roseaux à écoulement vertical » se classe parmi les filières de traitement biologique aérobie à cultures fixées sur supports fins (gravier, sable), composée classiquement de deux étages, chaque étage étant lui-même composé de plusieurs plateaux indépendants.

Le premier étage est constitué de 3 filtres, le deuxième de 2 filtres au moins.

L'alimentation d'un des 3 filtres du 1^{er} étage dure 3 à 4 jours, suivie d'un repos d'une semaine.

L'alimentation d'un des 2 filtres du 2^{ème} étage dure une semaine, suivie d'un repos d'une semaine

Tout autre agencement et fréquence d'alternance doivent être justifiés pour la globalité de la station d'épuration ainsi qu'étage par étage.

37,5 cm/jour(150 L/habitant apportés sur une surface d'un tiers de 1,2 m²/habitant ou 0,4 m²/habitant) et une charge organique journalière de 300gDCO/m².

La filière filtres plantés de roseaux à flux vertical » est, dans la famille des « cultures fixées sur support fin » la seule à accepter des charges hydrauliques issues d'un réseau unitaire.

En absence d'eaux claires parasites en réseau unitaire, le traitement d'eau de pluie sans dégradation de la qualité du rejet ni surdimensionnement est possible. Les connaissances actuelles proposent, comme limite admissible du débit horaire de temps de pluie, la valeur de 4 fois le débit horaire de temps sec. (MOLLE P. , 2003, Filtres plantés de roseaux : limites hydrauliques et rétention du phosphore Thèse Université Montpellier II, 208p)

Exemple : 200hab en situation actuelle et 500hab en nominal, en absence d'eaux claires parasites, réseau unitaire pour partie (unique tronçon unitaire = 8 m³/h).

Débit	Temps sec		Temps de pluie m ³ /h	Admissible	
	moyen m ³ /j	pointe m ³ /h		moyen m ³ /j	pointe m ³ /h
Situation actuelle	30	3,75	8	222	11,75
Traitement de la totalité des eaux usées + pluviales					
Capacité nominale	75	9,4*	8	267	12,5**
Traitement des eaux usées + une partie des eaux pluviales					

$$9,4^* = (75 \cdot 3) / 24$$

$$12,5^{**} = (75 \cdot 4) / 24$$

Une étude hydraulique spécifique précise est nécessaire pour justifier du dimensionnement retenu dans tous les autres cas :

- eaux claires parasites en réseau unitaire,
- eaux claires parasites en réseau séparatif,
- débit horaire de temps de pluie à traiter supérieur à 4 fois le débit horaire de temps sec.

En cas de variation de population en pointe estivale, l'expérience montre qu'on peut adapter et réduire le dimensionnement pendant cette période à une surface totale utile minimale de 1 m²/habitant. La surface totale utile est donc au moins égale à la plus grande des deux surfaces définies en période de pointe et en population permanente.

Il est conseillé de ne pas mentionner de surface (en m²/hab) et de laisser la responsabilité du dimensionnement à l'entreprise si

La pratique actuelle de dimensionnement est de déterminer la surface totale des filtres plantés en fonction du nombre d'habitants.

Les règles de base du dimensionnement sont les suivantes :

Surface utile totale (= surface plantée)	2 à 2,5 m ² /habitant
dont premier étage (3 filtres en parallèle)	1,2 à 1,5 m ² /habitant
dont deuxième étage (2 filtres en parallèle)	0,8 à 1,0 m ² /habitant

Le dimensionnement exprimé en m²/habitant, doit être justifié pour :

- la surface totale,
- les surfaces totales de chaque étage,
- les surfaces unitaires de chaque filtre.

- l'effluent à traiter n'est pas exclusivement d'origine domestique,
- les charges hydrauliques sont supérieures aux valeurs préconisées ci-dessus,
- la qualité attendue du rejet est différente du niveau D4.

III-9.1. SYSTEMES D'ALIMENTATION

Une alimentation en eau potable, nécessaire à proximité des ouvrages de prétraitement, est aussi souhaitable à proximité du réservoir d'alimentation. En fonction de l'implantation des ouvrages, penser à prévoir éventuellement un point supplémentaire dans le lot approprié.

III-9.1.1 Réservoir

III-9.1.2 Dispositif assurant une vidange à fort débit

L'usage du dernier poste de relèvement est possible : c'est le seul cas où la vidange du dispositif est incomplet.

Ces dispositifs se distinguent entre eux par les débits instantanés qu'ils peuvent délivrer (calculés en fonction des pertes de charges dans le dispositif aval de répartition) et la constance des débits lors de la vidange complète du réservoir et en particulier vers la fin de cette vidange.

Pompes et électrovannes

La solution de vannes manuelles, à la place des électrovannes, reste une solution fiable d'un coût modeste. L'installation de 3 pompes (chacune dédiée à un filtre) est d'une maintenance plus simple que la solution de 2 pompes et 3 électrovannes.

III-9.1. SYSTEMES D'ALIMENTATION

Chaque étage est muni d'un système d'alimentation approprié constitué :

- d'un réservoir,
- d'un dispositif assurant sa vidange à fort débit,
- d'un dispositif d'isolement des filtres et
- d'un réseau de distribution.

Le constructeur doit justifier de la pertinence du système d'alimentation retenu par l'équirépartition obtenue mais aussi de la cohérence entre elles des différentes parties constitutives du dispositif.

III-9.1.1 Réservoir

Ce réservoir, rigoureusement étanche doit être lesté. Son volume est légèrement supérieur à celui de la bâchée élémentaire à épandre en une fois.

III-9.1.2 Dispositif assurant une vidange à fort débit

Le réservoir est équipé d'un dispositif assurant une vidange complète permettant ainsi l'évacuation totale des dépôts vers la filière de traitement et la maintenance du réservoir.

Un débit moyen pendant la vidange, égal ou supérieur à 0.5 m³/h par m² de lit en cours d'alimentation est un minimum nécessaire pour assurer une bonne répartition si le système de distribution est bien conçu.

Les dispositifs mécaniques pour vidanger le réservoir sont les pompes et les électrovannes, les chasses, les siphons, ... Les alimentations des filtres au fil de l'eau ou par siphon-cloche sont proscrites.

Pompes et électrovannes

Le poste d'injection est équipé d'au moins deux pompes identiques. Les pompes et les électrovannes sont asservies à des détecteurs de niveaux ou à un système combiné horloge – détecteur de niveau.

Chasse pendulaire, chasse à clapet ou siphon auto-amorçant

Auget basculant

Généralement de petite taille, l'usage de l'auget basculant se limite aux petites capacités. Par exemple, un auget de 200 L apporte une lame d'eau de 2cm sur une surface unitaire de 10 m². En dimensionnement classique, cet auget est donc à utiliser pour des ouvrages traitant moins de 25 habitants.

Au premier étage, le dispositif de comptage est d'implantation nécessaire pour connaître les charges hydrauliques. Au deuxième étage, son installation est vivement conseillée et permet d'assurer à faible coût un suivi hydraulique précis

III-9.1.3 Dispositif d'isolement des filtres

III-9.1.4 Réseaux de distribution

Ces vitesses d'auto curage classiques sont compatibles avec les forts débits requis pour des canalisations de moins de 200 mm de diamètre.

Chasse pendulaire, chasse à clapet ou siphon auto-amorçant.

Quelque soit le débit d'entrée instantané (inférieur au seuil correspondant à la taille de l'ouvrage), le débit d'évacuation doit être réellement nul entre 2 bâchées.

Auget basculant.

L'équipement proposé assure la rigidité du matériau constitutif, possède un système amortisseur pour limiter les chocs lors des basculements. Ce dispositif assure à la fois le stockage et la délivrance de la bâchée.

Si l'auget déclenche l'ouverture d'une canalisation, le réservoir est équipé d'un trop-plein de sécurité

Un dispositif de comptage de bâchées associé au fonctionnement du dispositif de vidange permet d'évaluer les volumes injectés

III-9.1.3 Dispositif d'isolement des filtres

Un système de vannage manuel ou automatique assure l'alternance des phases d'alimentation et de repos de chaque filtre. Il est placé en aval du dispositif d'alimentation à fort débit. Il doit assurer l'obturation complète de l'alimentation du filtre au repos.

III-9.1.4 Réseaux de distribution

Le réseau alimentant les points de distribution doit être conçu de manière à pouvoir se vider entièrement, de manière efficace, pour éviter tout dépôt et exclure tout risque de gel dans les canalisations, qu'elles soient aériennes ou enterrées. L'ensemble du réseau est inspectable et curable.

réseau de distribution du 1^{er} étage

Le système de distribution doit fonctionner en tous points avec une vitesse d'auto-curage minimale de 0,6 m/s correspondant à la circulation d'eaux chargées en matières en suspension.

Un point d'alimentation est mis en place au minimum tous les 50 m².

La réception des effluents sur le filtre est assurée par des plaques anti-affouillement de dimension appropriée situées sous chaque point d'alimentation.

réseau de distribution du 2^{ème} étage

La répartition à la surface du 2^{ème} étage est assurée par un réseau superficiel de tuyaux aériens percés d'orifices ou par des diffuseurs ponctuels souterrains. En cas de diffuseurs souterrains, un point d'injection par 5 m² est le minimum conseillé.

III-9.2. COMPOSITION DES FILTRES

Pour tous les matériaux roulés, la teneur en fines exigée est inférieure à 3%. Cette valeur est plus difficile à obtenir en matériau concassé, leur fabrication générant des fines en quantité très importante. Le lavage des matériaux concassés doit être conduit avec très grande précaution.

III-9.2.1 Couches filtrantes

L'épaisseur de la couche filtrante du 1^{er} étage peut être augmentée en fonction des objectifs épuratoires.

L'épaisseur de la couche filtrante du 2^{ème} étage peut être augmentée jusqu'à 60 cm en fonction des objectifs épuratoires.

L'usage de sable concassé est envisageable s'il est mis en place avec un dimensionnement spécifique, plus grand (hauteur et/ ou surface). Sa teneur en fines est inférieure à 3%.

III-9.2. COMPOSITION DES FILTRES

Quelles que soient les granulométries des matériaux (sable, gravier), ces derniers doivent être calibrés et lavés.

Les matériaux de type « roulé » sont à privilégier. L'usage de matériau concassé pour les plus grosses granulométries (gravier du premier étage, couches de transition et couches drainantes) n'est pas exclu.

Les filtres de chaque étage possèdent 3 couches de fonction (et donc granulométrie) différentes. Du haut vers le bas, on rencontre :

- Couche filtrante dans laquelle s'effectue le traitement des eaux par cultures fixées,
- Couche de transition,
- Couche drainante dans laquelle s'effectue la collecte des eaux traitées.

Le constructeur doit justifier de la pertinence de toute composition autre que celle décrite ci-après, pour chaque couche de chaque étage : épaisseur, granulométrie, caractéristiques.

III-9.2.1 Couches filtrantes

La couche filtrante du 1^{er} étage est constituée de gravier fin de 2 à 8 mm, d'épaisseur 30 cm minimum

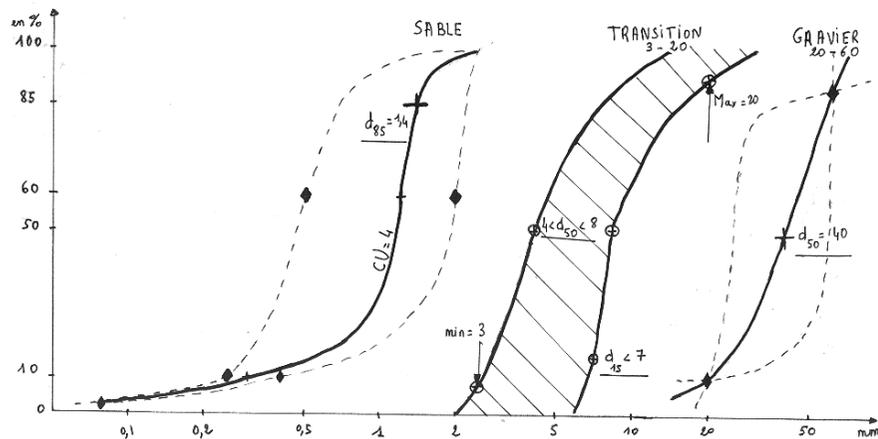
La couche filtrante du 2^{ème} étage est constituée de sable alluvionnaire siliceux, d'épaisseur 30 cm minimum, aux caractéristiques suivantes:

- $0,25 \text{ mm} < d_{10} < 0,40 \text{ mm}$,
- $CU \leq 5$ (Coefficient d'Uniformité = d_{60} / d_{10}),
- teneur en fines ($\Phi < 80 \mu\text{m}$) inférieure à 3 % en masse ($d_3 \geq 80 \mu\text{m}$),
- teneur en calcaire exprimée en CaCO_3 inférieure à 20% en masse.

III-9.2.2 Couches de transition

La fonction de la couche de transition est d'éviter la migration de la granulométrie fine supérieure dans la granulométrie plus grossière du drainage. Sa granulométrie dépend donc principalement de ces deux matériaux. A défaut de règles de l'art spécifiques, on peut se référer aux règles de Terzaghi

EXEMPLE d'enveloppe de fuseaux granulométriques de la couche de transition définie à partir de l'application des règles de Terzaghi entre un sable du 2^{ème} étage et un gravier 20-60mm au d_{50} de 40mm.



Les règles de Terzaghi fixent le $d_{50}^{(*)}$ de la couche de transition (par rapport à la couche inférieure drainante) et le $d_{15}^{(*)}$ de la couche de transition (par rapport à la couche supérieure filtrante) selon les 2 inégalités suivantes :

$$\frac{d_{50 \text{ COUCHE DRAINANTE}}}{10} \leq d_{50 \text{ TRANSITION}} \leq \frac{d_{50 \text{ COUCHE DRAINANTE}}}{5}$$

$$d_{15 \text{ TRANSITION}} \leq 5 d_{85 \text{ COUCHE FILTRANTE}}$$

$d_x^{(*)}$: taille de l'ouverture de la maille de tamis laissant passer x % de matériau, exprimée en mm

III-9.2.2 Couches de transition

Au 1^{er} étage, elle est d'une granulométrie adaptée comprise entre 5 et 10 mm, d'épaisseur de 10 à 20 cm

Au 2^{ème} étage, elle est d'une granulométrie adaptée comprise entre 3 et 20 mm, d'épaisseur de 10 à 20 cm:

Par convention utilisée par les fournisseurs de matériaux, un matériau de granulométrie x - X mm répond à un large fuseau granulométrique passant par les 2 points suivants: $d_{10}=x$ et le $d_{90}=X$.

Ces règles ne tiennent pas compte de la forme du matériau. Par exemple, des matériaux de forme plutôt plate (pour ricochets par exemple) protégeront davantage des risques de migration que des matériaux sphériques de même granulométrie.

Cette couche de transition peut être constituée de plusieurs couches de granulométrie décroissante de bas en haut.

La pose d'une géogrille, à la place de la couche de transition, est envisageable sous réserve que son ouverture de filtration soit définie par une étude spécifique intégrant non seulement la rétention mécanique des sables mais aussi les risques de rétention d'eau par tension superficielle sur les mailles.

III-9.2.3 Couche drainante

III-9.2.4 Collecte et ventilation en fond de filtres

Les canalisations de collecte assurent une double fonction :

le recueil des eaux ayant transité dans le massif filtrant supérieur

le renouvellement d'air (et donc d'oxygène) au sein du massif par leur connexion en partie haute avec l'atmosphère.

L'apport d'air par le fond est essentiel au maintien des conditions aérobies. Les cheminées d'aération sont indispensables pour assurer cet apport.

Proposition classique: canalisations en \varnothing 100 mm, posées avec une pente minimale de 0,5 %, munies de fentes en quinconce de 5 mm de largeur tous les 10 à 15 cm d'une densité de l'ordre de 35 - 45 mL pour 100 m² de filtres.

III-9.3. REVANCHES

La revanche permet le stockage des boues et leur minéralisation in-situ. La fréquence des vidanges des boues du 1^{er} étage est directement liée à cette capacité de stockage. Si les digues sont confectionnées en remblai, on n'oublie pas de prendre en compte leur éventuel tassement dans le temps.

La mise en place de géotextile à la place de la couche de transition est proscrite.

III-9.2.3 Couche drainante

Les exigences granulométriques sont les mêmes pour les 2 étages : granulométrie adaptée de 20 à 60 mm, d'épaisseur de 10 à 20 cm.

III-9.2.4 Collecte et ventilation en fond de filtres

Le réseau de collecte peut présenter des caractéristiques équivalentes pour les deux étages.

A leur extrémité, les tuyaux de collecte sont reliés à l'atmosphère par des tubes pleins et événements couverts de chapeaux pour éviter la chute d'objets dans les conduits d'aération et les tuyaux de collecte.

Tubes et événements doivent avoir des diamètres comparables et compatibles avec ceux des tuyaux.

Les canalisations doivent être inspectables et curables ; l'utilisation de coudes à angle droit est proscrite.

III-9.3. REVANCHES

Au 1^{er} étage, une revanche d'une hauteur de 50 cm est nécessaire.

Au 2^{ème} étage, une revanche d'une hauteur de 25 cm est suffisante.

III-9.4. CHOIX DES PLANTES

On peut confondre les 2 espèces :

- « roseau » ou *Phragmites australis/ communis* et
- « faux roseau » ou *Phalaris Arundinacea* dont les feuilles sont proches

Le faux roseau est pourtant inadapté du fait de son développement racinaire en touffe à l'opposé du roseau dont le développement racinaire est en profondeur.

ARTICLE III-10 : DESINFECTION

ARTICLE III-11 : EXTRACTION, TRANSFERT ET PRETRAITEMENT DES BOUES

ARTICLE III-12: EPAISSISSEMENT

ARTICLE III-13 : STABILISATION

ARTICLE III-14 : CONDITIONNEMENT ET DESHYDRATATION

ARTICLE III-15 : SECHAGE ET INCINERATION

ARTICLE III-16 : CANALISATIONS

III-9.4. CHOIX DES PLANTES

Chaque filtre est planté de roseaux communs dont la dénomination latine est « *Phragmites australis (Cav.) Trin Ex Steudel / communis* ».

Le choix de tout autre plante doit être justifié.

ARTICLE III-10 : DESINFECTION

SANS OBJET

ARTICLE III-11 : EXTRACTION, TRANSFERT ET PRETRAITEMENT DES BOUES

SANS OBJET

ARTICLE III-12 : EPAISSISSEMENT

SANS OBJET

ARTICLE III-13 : STABILISATION

SANS OBJET

ARTICLE III-14 : CONDITIONNEMENT ET DESHYDRATATION

SANS OBJET

ARTICLE III-15 : SECHAGE ET INCINERATION

SANS OBJET

ARTICLE III-16 : CANALISATIONS

III-16.1. CANALISATIONS DE LIAISON ENTRE OUVRAGES

III-16.2. CANALISATIONS D'EAU POTABLE

Extrait texte CCTG et DEROGATOIRE partiellement au fascicule 71 si la pose des canalisations est réalisée à une profondeur de moins de 0,80m.

III-16.3. CANALISATIONS DES SYSTEMES DE DISTRIBUTION

L'usage de PVC, moins résistant aux ultraviolets que d'autre matériau peut induire un renouvellement plus fréquent de ces canalisations de distribution..

On porte une attention toute particulière à la stabilité et rigidité des supports.

En réseau enterré, les contraintes liées à la fragilité du matériau paraissent être moindres. Par contre, veiller à ce que la note de calcul hydraulique soit complète et intègre la hauteur géométrique jusqu'au niveau de déversement correspondant à celui de la revanche.

III-16.1. CANALISATIONS DE LIAISON ENTRE OUVRAGES

Les canalisations de liaison entre ouvrages sont conformes aux prescriptions du fascicule n° 70 du CCTG travaux applicables aux canalisations d'assainissement et ouvrages annexes.

Les canalisations de liaison entre les réservoirs de stockage et les distributions au sein du 1^{er} étage et du 2^{ème} étage sont de type « sous pression » et relèvent de l'article III-16-3

III-16.2. CANALISATIONS D'EAU POTABLE

Les canalisations d'eau potable ou d'eau industrielle sous pression sont conformes aux prescriptions du fascicule n° 71 du CCTG travaux applicable à la fourniture et pose de conduites d'adduction et de distribution d'eau.

III-16.3. CANALISATIONS DES SYSTEMES DE DISTRIBUTION

Elles sont de type « sous pression ».

Si la distribution est aérienne, les canalisations doivent être résistantes aux ultraviolets. La ligne d'eau doit rester régulière dans le temps quelles que soient les sollicitations extérieures susceptibles de déformer les canalisations.

Ces canalisations doivent être facilement démontables et remontables pour rendre l'opération de curage des boues plus aisée.

La génératrice inférieure des canalisations repose sur des supports rigides à une hauteur telle que la hauteur utile de la revanche soit maintenue.

Si la distribution est sous la surface, les canalisations doivent être vidangeables à la fin de chaque cycle d'alimentation pour s'affranchir des risques de gel.

Les canalisations doivent être inspectables et curables ; l'utilisation de coudes à angle droit est déconseillée.

III-16.4. CANALISATIONS DE COLLECTE DES EAUX

ARTICLE III-17 : MANUTENTION, STOCKAGE ET EVACUATION DES BOUES ET AUTRES SOUS-PRODUITS DE L'INSTALLATION

DEROGATOIRE du fait de l'absence d'aire de lavage des véhicules et d'aire de stockage des boues. La réalisation d'une aire de stockage ne se justifie a priori que dans certains cas très particuliers.

Les engins classiques utilisés en curage ont des bras d'une longueur de 6 à 7 m maximum.

ARTICLE III-18 : DESODORISATION

ARTICLE III-19 : MESURES, CONTROLE, REGULATION

DEROGATOIRE car appareillage différent

III-16.4. CANALISATIONS DE COLLECTE DES EAUX

Les canalisations rigides, fendues, posées en fond de filtre assurent la collecte et l'aération du filtre.

Les canalisations doivent être inspectables et curables ; l'utilisation de coudes à angle droit est déconseillée.

ARTICLE III-17 : MANUTENTION, STOCKAGE ET EVACUATION DES BOUES ET AUTRES SOUS-PRODUITS DE L'INSTALLATION

Les boues stockées sur le premier étage sont évacuées sous forme solide.

La forme des filtres et l'aménagement des abords en leur périphérie doivent permettre de rendre accessibles tous points de leur surface depuis une des berges par l'engin de curage. En cas d'impossibilité, le constructeur prévoit des solutions alternatives d'accès au sein des filtres pour leur curage.

Les déchets égouttés provenant du prétraitement sont stockés, en attente d'enlèvement, dans des récipients ou conteneurs fermés de telle façon que les manutentions s'effectuent dans des conditions d'hygiène et de commodité convenables.

ARTICLE III-18 : DESODORISATION

SANS OBJET

ARTICLE III-19 : MESURES, CONTROLE, REGULATION

L'installation est munie des appareils de mesure nécessaires pour s'assurer de son bon fonctionnement, ainsi que des dispositifs de contrôle et de sécurité nécessaires pour prévenir toute condition de fonctionnement susceptible de présenter un danger pour le personnel, le matériel ou l'environnement.

Elle comprend également les appareils de mesure nécessaires pour assurer l'auto surveillance.

III-19.1. APPAREILLAGE OBLIGATOIRE

Le degré d'équipement en matière de gestion technique centralisée, télégestion ou téléalarme peut être précisé ici.

III-19.2. DEBITS D'EAU

III-19.3. TEMPS DE FONCTIONNEMENT

Dans certaines situations (apport de charges hydrauliques en temps de pluie par exemple), on peut contrôler les quantités d'eau apportées sur les filtres à l'aide d'une régulation liée au temps de fonctionnement de pompes.

III-19.4. OXYGENATION

III-19.5. DIGESTION ANAEROBIE CHAUFFEE

III-19.6. DESHYDRATATION DES BOUES

III-19.7. ÉNERGIE ELECTRIQUE

III-19.8. MESURE DES DEBITS ET PRELEVEMENTS

DEROGATOIRE partiellement car pas d'enregistrement des débits excédentaires.

III-19.1. APPAREILLAGE OBLIGATOIRE

SANS OBJET

III-19.2. DEBITS D'EAU

IDEM CCTG

III-19.3. TEMPS DE FONCTIONNEMENT

SANS OBJET

III-19.4. OXYGENATION

SANS OBJET

III-19.5. DIGESTION ANAEROBIE CHAUFFEE

SANS OBJET

III-19.6. DESHYDRATATION DES BOUES

SANS OBJET

III-19.7. ÉNERGIE ELECTRIQUE

IDEM CCTG

III-19.8. MESURE DES DEBITS ET PRELEVEMENTS

Les appareils nécessaires à la mesure du débit sont d'un type adapté à la mesure et agréé par le maître d'œuvre ; ils sont placés dans une section d'écoulement laminaire de longueur suffisante et dans une zone où les matériaux solides n'ont pas tendance à se déposer.

Dans tous les cas, on doit au moins respecter les réglementations nationales en vigueur.

Une mesure de débits d'eaux usées brutes par canal classique est à éviter car elle génère une charge d'entretien importante pour l'obtention d'une mesure fiable. Le compteur-totalisateur de bâchées fonctionnant sur pile au lithium donne satisfaction.

Le même compteur-totalisateur peut être installé au niveau intermédiaire de traitement sur le deuxième ouvrage de vidange à fort débit..

Dans le cas d'une alimentation par pompes, et afin d'éviter les problèmes de gel, les canalisations de liaison entre le réservoir et le système de distribution ne possèdent pas de clapet anti-retour. A chaque arrêt de pompe, le volume de cette canalisation se reverse dans le réservoir. Le compteur du nombre de démarrages de pompe permet de connaître les volumes pompés deux fois afin de les déduire.

Pour les ouvrages de plus grande taille, l'installation d'un débitmètre électromagnétique donne des résultats satisfaisants et facilite la mesure de charges organiques par synchronisation des prélèvements aux débits traversés.

En l'absence de dispositif de mesures fixe, s'assurer qu'un aménagement permet la mise en place temporaire d'un matériel de mesure mobile de type « bac jaugeur».

III-19.9. RÉGULATION

III-19.10. TABLEAU DE COMMANDE

DEROGATOIRE partiellement car absence de tableau de commande spécifique pour le traitement des boues.

Généralement, la connaissance des débits d'eaux à traiter est à réaliser au moyen d'un compteur de bâchées.

En cas d'alimentation par pompage, la mesure de ce débit se fait à l'aide d'un compteur-totalisateur du temps de fonctionnement et d'un compteur du nombre de démarrages de la pompe.

L'installation comporte un aménagement permettant la mise en place de matériels de mesure du débit des eaux traitées.

Les systèmes de mesure de la hauteur d'eau sont conçus de façon à éviter le bouchage et les dépôts occasionnant une modification des caractéristiques des appareils de mesure.

L'installation comporte également les emplacements et prises accessibles nécessaires à l'exécution des essais prévus au chapitre VI, ainsi que la prise d'échantillons en entrée et sortie.

III-19.9. RÉGULATION

IDEM CCTG

III-19.10. TABLEAU DE COMMANDE

L'installation comporte un tableau de commande central, notamment si l'alimentation des filtres, en totalité ou pour partie, est assurée par pompage.

ARTICLE III-20 : ALIMENTATION ET EQUIPEMENTS ELECTRIQUES

ARTICLE III-21: ÉCLAIRAGE

ARTICLE III-22 : DISTRIBUTION D'EAU ET INSTALLATIONS SANITAIRES

ARTICLE III-23 : TELECOMMUNICATIONS

ARTICLE III-24 : STOCKAGE DES REACTIFS, DES CARBURANTS ET DES HUILES

ARTICLE III-25 : PROTECTION ET SECURITE DU PERSONNEL

Un point d'eau potable assure à l'exploitant des conditions d'hygiène et de sécurité convenables.

Prévoir un dispositif de couverture des ouvrages de stockage. Il doit être verrouillable et facilement manœuvrable par le personnel autorisé.

Les filtres ne sont pas considérés comme « des bassins à niveau variable » tels que mentionnés dans le CCTG et n'ont pas nécessité à être systématiquement équipés d'échelons intérieurs.

Pour cet article, se reporter au document: INRS, 2006, Conception des usines d'épuration des eaux résiduaires. ED 968.

ARTICLE III-20 : ALIMENTATION ET EQUIPEMENTS ELECTRIQUES

IDEM CCTG

ARTICLE III-21 : ECLAIRAGE

IDEM CCTG

ARTICLE III-22 : DISTRIBUTION D'EAU ET INSTALLATIONS SANITAIRES

IDEM CCTG

ARTICLE III-23 : TELECOMMUNICATIONS

IDEM CCTG

ARTICLE III-24 : STOCKAGE DES REACTIFS, DES CARBURANTS ET DES HUILES

SANS OBJET

ARTICLE III-25 : PROTECTION ET SECURITE DU PERSONNEL

IDEM CCTG

ARTICLE III-26 : ENGINS DE LEVAGE ; OUTILLAGE

ARTICLE III-27 : BATIMENTS, CHAUFFAGE, VENTILATION

ARTICLE III-28: BUREAUX, LABORATOIRES, ATELIERS ET LOCAUX ANNEXES

DEROGATOIRE partiellement car le local n'est pas équipé de matériels de laboratoire

ARTICLE III-29: PALIERS, PLANCHERS, PASSERELLES, ESCALIERS, ECHELLES

En cas de fortes pentes de talus, prévoir un dispositif d'accès aux installations pour le personnel autorisé.

ARTICLE III-30 : VOIRIE ET ESPACES VERTS

Les opérations lourdes d'entretien (curage des bassins par exemple) nécessitent la circulation d'engins agricoles. Des aires de manœuvres pour un engin, éventuellement deux en simultané, muni d'une remorque, sont à prévoir.

ARTICLE III-31 : CLOTURE

DEROGATOIRE partiellement du fait du choix des matériaux constitutifs de la clôture et de l'absence d'un portillon.

Si l'entrée n'est pas dans l'axe de la voirie, prévoir une ouverture de portail d'au moins 5m.

ARTICLE III-26 : ENGINS DE LEVAGE ; OUTILLAGE

IDEM CCTG

ARTICLE III-27 : BATIMENTS, CHAUFFAGE, VENTILATION

SANS OBJET

ARTICLE III-28 : BUREAUX, LABORATOIRES, ATELIERS ET LOCAUX ANNEXES

L'installation comporte un local d'exploitation, éventuellement de type abri de jardin pour les petites capacités.

ARTICLE III-29 : PALIERS, PLANCHERS, PASSERELLES, ESCALIERS, ECHELLES

SANS OBJET

ARTICLE III-30 : VOIRIE ET ESPACES VERTS

IDEM CCTG

ARTICLE III-31 : CLOTURE

L'ensemble du terrain occupé par l'installation et ses annexes doit être clôturé. La clôture est constituée d'un grillage de 2 m de hauteur utile et d'une entrée équipée d'un portail à deux vantaux de 4 m d'ouverture.

Les panneaux de signalisation informant de l'existence de la station d'épuration et interdisant l'accès au public sont fixés sur cette clôture ou son portail.

ARTICLE III-32 : PLANS ET MANUELS D'EXPLOITATION

IDEM CCTG

III-32.1

IDEM CCTG sauf « la version calque » remplacée par la « version numérique ».

III-32.2

IDEM CCTG sauf « la version calque » remplacée par la « version numérique ».

III-32.3

IDEM CCTG

Veiller à ce que la durée et la fréquence des opérations d'entretien classique soient mentionnées, à savoir :

- tenue du cahier d'exploitation (nombre de bâchées, météo,...)
- nettoyage du dégrilleur,
- mise en place de l'alternance des filtres,
- contrôle du bon fonctionnement du siphon,
- inspection générale des filtres (mauvaises herbes, vérification de l'équi-répartition de la distribution des eaux,...)
- nettoyage des canalisations de distribution,
- entretien des pompes,
- faucardage des roseaux et évacuation,
- remplacement du flexible du siphon,
- extraction des boues,
- nettoyage de tous les regards, dont les réservoirs de bâchées et le canal de mesure aval,

ARTICLE III-32 : PLANS ET MANUELS D'EXPLOITATION

Les plans et manuels d'exploitation à remettre au maître de l'ouvrage avant la réception comprennent au moins:

III-32.1 - quatre exemplaires (dont un en version numérique) des plans d'ensemble de l'installation, conformes à l'exécution.

III-32.2 - quatre exemplaires des plans d'exécution qui sont nécessaires au maître de l'ouvrage pour l'exploitation et l'entretien de l'installation et notamment des plans de détail de toutes les pièces sujettes à remplacement ou à remise en état pour cause d'usure ou de rupture, ainsi que des plans d'ensemble permettant d'identifier lesdites pièces et de procéder, en toute connaissance de cause, à leur démontage et à leur remontage. Pour les ouvrages de génie civil, un des exemplaires est fourni en version numérique.

III-32.3 - quatre exemplaires des manuels définitifs d'exploitation et d'entretien du matériel donnant toutes indications utiles pour le dépannage du matériel, le graissage (qualité des huiles et graisses, fréquence), les visites d'entretien systématique, et plus généralement la nature et la fréquence des opérations de maintenance.

Le manuel d'exploitation comporte des indications précises et détaillées sur les dispositions à prendre pour conserver un fonctionnement aussi efficace que possible de l'installation pendant les opérations d'entretien ainsi qu'en cas de défaillance d'un appareil ou d'un ouvrage, en attendant le dépannage ou la réparation.

Le tableau ci-dessous, à titre d'exemple, peut servir de base pour être complété.

Poste	Description de la tâche	Durée	Fréquence
Dégrillage	nettoyage		
		
Dispositifs d'isolement	manœuvre		
	vérification étanchéité		
Ouvrages de siphon	...		
		vérification	
	Pompes /		amorçage/désamorçage

- *entretien des abords,....*

distribution 1 ^{er} et 2 ^{eme} étages	Compteur (horaire ou de bâchées)	flexible entretien vérification nettoyage contacteur
...		
Filtres	Distribution	vérification équirépartition nettoyage
1 ^{er} étage	Végétaux	inspection faucardage
2 ^{eme} étage	Boues	suivi des hauteurs extraction
...		
Canal de mesure		entretien
Abords		fauchage
Berges, Talus intérieurs		fauchage Inspection, étanchéité
Cahier d'exploitation		
Autres...		

Tous les documents sont complets et indélébiles, établis d'une façon parfaitement lisible. Les plans et dessins sont entièrement cotés et dressés à une échelle suffisante pour une parfaite compréhension; ils portent toutes les indications permettant une identification rapide et sûre de leur objet.

Tous les documents sont entièrement rédigés en français.

CHAPITRE IV - PROVENANCE ET SPÉCIFICATIONS RELATIVES AUX MATÉRIAUX, PRODUITS ET MATÉRIELS CONSTITUTIFS

ARTICLE IV-1 : SPECIFICATIONS GENERALES RELATIVES AUX MATÉRIELS ET MATÉRIAUX

Extrait texte CCTG

En particulier, s'assurer des caractéristiques des granulats des massifs filtrants et des certifications de qualité des géosynthétiques.

ARTICLE IV-2 : CONFORMITE AUX NORMES. CAS D'ABSENCE DE NORMES. CONTROLE TECHNIQUE EN USINE

En annexe A de ce document guide, sont reprises toutes les normes mentionnées en annexe A du CCTG fascicule 81 titre II. Elles sont triées en 3 thèmes :

- Normes spécifiques applicables
- Norme dérogatoire : il s'agit de la NF EN 12255-7 Stations d'épuration – Partie 7 : réacteurs biologiques à cultures fixées ; Même si son domaine d'application est limité aux 4 filières : lit bactérien, disques biologiques, biofiltre et lit immergé, elle impose que l'effluent soit décanté avant traitement par cultures fixées. C'est ce point qui la rend dérogatoire.
- Normes « sans objet »

Les normes « nouvelles » apparaissent dans un paragraphe séparé.

Le Règlement de la Consultation doit préciser que le rajout de normes liées aux propositions de variantes est à l'initiative de l'entrepreneur.

ARTICLE IV-1 : SPECIFICATIONS GENERALES RELATIVES AUX MATÉRIELS ET MATÉRIAUX

Les matériels et matériaux répondent aux spécifications des fascicules du Cahier des Clauses Techniques Générales applicables aux marchés publics de travaux répertoriés en annexe B.

Toutes les fournitures et tous les matériaux entrant dans la composition des ouvrages sont soumis à l'agrément du Maître d'œuvre. A cet effet, l'entrepreneur doit préciser dans sa proposition : l'origine, les caractéristiques, le type et la qualité de ces fournitures et matériaux.

ARTICLE IV-2 : CONFORMITE AUX NORMES. CAS D'ABSENCE DE NORMES. CONTROLE TECHNIQUE EN USINE

Les normes applicables sont celles qui figurent à l'annexe A du présent CCTP et les normes étrangères reconnues équivalentes.

En ce qui concerne les normes françaises non issues de normes européennes, la conformité des produits ou prestations peut être remplacée par la conformité à d'autres normes reconnues équivalentes.

L'entrepreneur doit fournir au maître d'ouvrage une attestation en langue française que les matériaux et produits normalisés sont conformes à la norme et aux prescriptions complémentaires de qualité. L'attestation de conformité est fournie par l'utilisation de la marque NF (associée à l'agrément S.P.) ou d'une marque équivalente.

En cas d'absence de normes, d'annulation de celles-ci ou de dérogations justifiées notamment par des progrès techniques, les propositions de l'entrepreneur sont soumises à l'acceptation du maître d'œuvre.

ARTICLE IV-3 : QUALITE ET ESSAIS DES MATERIAUX, PRODUITS ET MATERIELS CONSTITUTIFS

IV-3.1. GRANULATS

IV-3.1.1 Granulats de garnissage des lits

Les commentaires sont les mêmes que ceux de l'article III-9.2.

Pour les grosses granulométries, il n'est pas possible de fixer un seuil maximum de teneur en calcaire. C'est pourquoi l'exigence porte sur la caractéristique « siliceux », sans mention de proportion. En cas d'une teneur en calcaire non négligeable, supérieure à 20%, s'assurer que les risques de colmatage physico-chimique sont bien étudiés.

Les précautions d'usage de matériaux concassés sont mentionnées dans le commentaire de l'article III-9.1.2.

La NF P 94-056 est la méthode courante dite par « voie sèche ».

La NF EN 933-1 est celle dite par « voie humide », Même si elle est considérée comme étant plus précise, il n'est pas nécessaire de l'imposer : elle est plus

ARTICLE IV-3 : QUALITE ET ESSAIS DES MATERIAUX, PRODUITS ET MATERIELS CONSTITUTIFS

IV-3.1. GRANULATS

IV-3.1.1 Granulats de garnissage des lits

Quelles que soient les granulométries des matériaux (sable, gravier), ils doivent être calibrés et lavés. Les matériaux de garnissage doivent être exempts d'éléments fins : la quantité des éléments d'un diamètre inférieur à 0,08 mm doit être inférieure à 3 % du poids sec.

1 ^{er} étage	Gravier	Couche de transition	Couche drainante
granulométrie	2 à 8 mm siliceux	adaptée 5 < Φ < 10 mm	adaptée 20 < Φ < 60 mm Idem 2 ^{ème} étage
2 ^{ème} étage	Sable	Couche de transition	Couche drainante
granulométrie	0,25mm < d ₁₀ < 0,40 mm CU ≤ 5, d ₃ ≥ 80 μm siliceux et teneur en calcaire, exprimée en CaCO ₃ inférieure à 20% en masse.	adaptée 3 < Φ < 20 mm	adaptée 20 < Φ < 60 mm Idem 1 ^{er} étage

Les caractéristiques ci-dessus se rapportent à des matériaux de type « roulé » qui sont à privilégier. L'usage de matériau concassé pour les plus grosses granulométries (gravier du premier étage, couches de transition et couches drainantes) n'est pourtant pas exclu.

Les analyses granulométriques sont réalisées selon les normes :

- NF P 94-056 : Sols : reconnaissance et essais, Analyse granulométrique - Méthode de tamisage à sec après lavage.
- NF EN 933-1 : Essais pour déterminer les caractéristiques

complexe à conduire du fait des phases de lavage puis séchage de chaque refus de tamis.

IV-3.1.2 Autres granulats

IV-3.2. LIANTS HYDRAULIQUES, EAU DE GACHAGE ET ADJUVANTS

L'eau de gâchage répond aux spécifications de la norme NF EN 1008 : Eau de gâchage pour béton -spécifications d'échantillonnage, d'essais et d'évaluation de l'aptitude à l'emploi y compris les eaux des processus de l'industrie du béton, telle que l'eau de gâchage pour béton.

Les adjuvants répondent aux spécifications de la norme NF EN 934-2 : Adjuvants pour béton, mortier et coulis - partie 2 adjuvants pour béton – Définitions, exigences, conformité, marquage et étiquetage.

IV-3.3. ACIERS

Les aciers pour béton armé répondent aux spécifications des normes

- *NF A 35-015 : Armatures pour béton armé- Ronds lisses soudables,*
- *NF A35-016 : Armatures pour béton armé - barres et couronnes soudables à verrous de nuance FeE500-Treillis soudés constitués de ces armatures,*
- *NF A35-019-1 : Armatures pour béton armé- Armatures constitués de fils soudables à empreintes- Partie 1 : barres et couronnes.*

IV-3.4. AUTRES MATERIAUX ET PRODUITS ENTRANT DANS LA COMPOSITION DES BETONS ET MACONNERIE

géométriques des granulats. Partie 1 : détermination de la granularité
- Analyse granulométrique par tamisage.

Il est fait mention de la norme utilisée dans la présentation des résultats.

La mesure de la teneur en calcaire est réalisée selon la norme NF ISO 10693 : Qualité du sol- détermination de la teneur en carbonate- Méthode volumétrique.

IV-3.1.2 Autres granulats

Les granulats destinés à la fabrication du béton répondent aux spécifications de la norme NF EN 12620 : Granulats pour béton.

IV-3.2. LIANTS HYDRAULIQUES, EAU DE GACHAGE ET ADJUVANTS

Les ciments sont adaptés au transit et stockage d'eaux usées et à leur éventuel caractère agressif.

En l'absence d'étude sur le caractère agressif des effluents, on retient, pour tous les éléments en béton au contact des effluents, la classe d'exposition XA2 (agressivité chimique moyenne) en conformité avec la norme NF EN 206-1 : Béton – Partie 1 Spécifications, performances, production et conformité.

Les ciments répondent aux spécifications de la norme NF EN 197-1 : Ciment partie 1 Composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants.

IV-3.3. ACIERS

IDEM CCTG

IV-3.4. AUTRES MATERIAUX ET PRODUITS ENTRANT DANS LA COMPOSITION DES BETONS ET MACONNERIE

IDEM CCTG

IV-3.5. BOIS

IV-3.6. MATERIAUX DE COUVERTURE ET DE BARDAGE

IV-3.7. PEINTURES ET PROTECTION ANTI-CORROSION

IV-3.8. CANALISATIONS

IV-3.8.1 Canalisations de liaison entre ouvrages

L'usage d'autres matériaux que le PVC est envisageable au cas par cas ; Pour chaque situation, les normes correspondantes sont :

<i>Matériaux</i>	<i>Norme</i>
<i>Fonte</i>	<i>NF EN 598 : Tuyaux , raccords et accessoires en fonte ductile et leurs assemblages pour l'assainissement - Prescriptions et méthodes d'essai.</i>
<i>PRV</i>	<i>NF EN 14-364: Systèmes de canalisations en plastique pour l'évacuation et l'assainissement avec ou sans pression - Plastiques therm durcissables renforcée de verre (PRV) à base de résine polyester non saturée (UP)- Spécifications pour tubes, raccords et assemblage</i>
<i>Poly-éthylène</i>	<i>NF EN 12666-1 : Systèmes de canalisations en plastique pour les branchements et les collecteurs enterrés d'assainissement sans pression - polyéthylène (PE)- Partie 1: spécifications pour les tubes, les raccords et le système.</i>

IV-3.5. BOIS

IDEM CCTG

IV-3.6. MATERIAUX DE COUVERTURE ET DE BARDAGE

IDEM CCTG

IV-3.7. PEINTURES ET PROTECTION ANTI-CORROSION

IDEM CCTG

IV-3.8. CANALISATIONS

IV-3.8.1 Canalisations de liaison entre ouvrages

Les canalisations de liaison entre ouvrages qui transportent des eaux usées sont conformes aux prescriptions du fascicule n° 70 du CCTG travaux applicables aux canalisations d'assainissement et ouvrages annexes.

Les canalisations gravitaires sont de classe minimale SN 8 soit une rigidité annulaire minimale de 8KN/m².

Elles sont en PVC et répondent aux spécifications de la norme NF EN 1401-1 : systèmes de canalisations en plastique pour les branchements et les collecteurs d'assainissement enterrés sans pression - Poly(chlorure de vinyle) non plastifié (PVC-U)-Partie 1 : spécifications pour tubes, raccords et le système.

Ces prescriptions s'appliquent aux cheminées de ventilation raccordées aux canalisations de collecte.

Les assemblages des canalisations assainissement sont réalisés par emboîtement sur joints à lèvres.

Les canalisations de liaison entre les réservoirs de stockage et les distributions au sein du 1^{er} étage et du 2^{ème} étage sont de type « sous-pression » et relèvent de l'article IV-3.8.3.

Polypropylène	NF EN 1852-1: Systèmes de canalisations en plastique pour les branchements et les collecteurs enterrés d'assainissement sans pression - polypropylène (PP)- Partie 1: spécifications pour les tubes, les raccords et le système.
Béton	NF P16-341 : Evacuations, assainissement – Tuyaux circulaires en béton armé et non armé pour réseaux d'assainissement sans pression – Définitions, spécifications, méthodes d'essais, marquage, conditions de réception.

IV-3.8.2 Canalisation d'eau potable

Extrait texte CCTG

DEROGATOIRE partiellement au fascicule 71 si pose souhaitée des canalisations à une profondeur de moins de 0,80 m.

IV-3.8.3 Canalisation des systèmes de distribution

IV-3.8.2 Canalisation d'eau potable

Les canalisations d'eau potable ou d'eau industrielle sous pression sont conformes aux prescriptions du fascicule n° 71 du CCTG travaux applicables à la fourniture et pose de conduite d'adduction et de distribution d'eau.

IV-3.8.3 Canalisation des systèmes de distribution

Elles sont de type sous pression et d'une classe minimale PN 10 bars. Elles répondent aux spécifications des normes :

pour les canalisations en PVC

NF EN 1456-1 : Systèmes de canalisations en plastique pour branchements et collecteurs d'assainissement enterrés et aériens avec pression - Poly(chlorure de vinyle) non plastifié (PVC-U)-Partie 1 : spécifications pour les composants et le système.

pour celles en PEHD :

NF EN 13244-1 à 5 : Systèmes de canalisations en plastique pour les applications générales de transport d'eau, de branchement et de collecteurs d'assainissement, enterrés sous pression- polyéthylène (PE)

- Partie 1 : Généralités,
- Partie 2 : Tubes,
- Partie 3 : Raccords,
- Partie 4 : Robinets,
- Partie 5 : Aptitude à l'emploi du système.

pour celles en acier inoxydable :

NF EN 10088-1 à 3 : aciers inoxydables -

***Attention :** les dénominations américaine et européenne des inox austénitiques n'ont pas le même degré de précision. C'est pourquoi il existe, par exemple, deux nuances de composition d'un même inox répondant à la dénomination américaine 304L. Il est donc utile de se reporter à la notation numérique ou symbolique prévue dans la NF EN 10088.*

Exemple : L'inox 1.4306 (ou X2CrNi 19-11) est un des 2 inox 304L.

Généralement, l'usage d'inox 1.4306 ou 1.4307 (304L) est satisfaisant. En cas d'eaux riches en sulfures, l'usage d'inox 1.4404 ou 1.4435 (316L) peut être justifié.

IV-3.8.4 Canalisation de collecte des eaux traitées

L'usage de drains routiers, non sujet à l'écrasement, est possible. On pose alors la base plane et pleine au fond de filtre.

L'utilisation de drains agricoles annelés souples est interdit, excepté éventuellement à la jonction entre la canalisation de collecte et son tube de ventilation.

IV-3.9. VANNES – DISPOSITIFS D'ISOLEMENT

IV-3.10. FERRONNERIE - CAILLEBOTIS

En visserie, la qualité A2L utilise de l'inox austénitique de qualité 304L. La qualité A4L utilise des inox 316L. En cas d'eaux riches en sulfures, cette qualité supérieure peut être justifiée.

- Partie 1 : Liste des aciers inoxydables,
- Partie 2 : Conditions techniques de livraison des tôles et bandes en acier de résistance à la corrosion pour usage général,
- Partie 3 : Conditions techniques de livraison pour les demi-produits, barres, fils machines, fils tréfilés, profils et produits transformés à froid en acier résistant à la corrosion pour usage général.

Il est préconisé d'utiliser de l'inox de dénominations 1.4306 ou 1.4307 (304L).

En cas de système de distribution aérien, l'entrepreneur s'assure de la rigidité des canalisations et de leur protection vis à vis des UltraViolets.

Les assemblages des canalisations PVC pression sont réalisés par emboîtement sur joints à lèvres y compris pour les canalisations de liaison du siphon.

IV-3.8.4 Canalisation de collecte des eaux traitées

Les canalisations rigides, fendues sont généralement en PVC et répondent aux prescriptions de la norme NF EN 1401-1 : systèmes de canalisations en plastique pour les branchements et les collecteurs d'assainissement enterrés sans pression- Poly(chlorure de vinyle) non plastifié (PVC-U)-Partie 1 : spécifications pour tubes, raccords et le système.

Les drains routiers peuvent être utilisés.

Les canalisations de type « drain agricole » ne sont pas admises.

IV-3.9. VANNES – DISPOSITIFS D'ISOLEMENT

Ils doivent être facilement manoeuvrables et en matériaux non corrodables.

IV-3.10. FERRONNERIE - CAILLEBOTIS

Les équipements et accessoires susceptibles d'être en contact avec les eaux usées sont composés d'éléments résistants à la corrosion : acier-inox, aluminium, matériaux composites, polyéthylène, PVC, PRV.

Tous les éléments en inox y compris leurs fixations sont de qualité A2L. Les équipements galvanisés sont traités à chaud.

Les regards dont l'ouverture est fréquente (réservoirs de stockage, lecture d'index, prélèvements, ...) doivent être fermés par des couvercles ou caillebotis légers. Ces caillebotis doivent pouvoir supporter une charge de 2,5kN au m². Ils doivent

IV-3.11. GEOSYNTHETIQUES

Les géosynthétiques destinés à d'autres applications tel que les écrans anti-racinaires, les anti-érosion, doivent faire l'objet d'avis technique couvrant le domaine d'emploi. A défaut, ils sont soumis à l'agrément du maître d'œuvre sur la base d'un descriptif technique, de procès verbaux d'essais et des prescriptions de mise en œuvre.

Le marquage CE des produits est nécessaire pour leur libre circulation au sein du marché européen et la certification ASQUAL fournit un niveau de qualité imposé.

Les listes des matériaux et des applicateurs certifiés, mises à jour plusieurs fois par an, sont téléchargeables sur le site de l'ASQUAL.

La « Responsabilité soudage » s'applique aussi au fabricant de matériel préassemblé.

IV-3.11.1 Géomembranes

Selon la norme NF P 84-500 : Géomembranes-Terminologie, les géomembranes sont « des produits adaptés au génie civil, minces souples, continus et étanches aux liquides, même sous les sollicitations en service ». Dans l'état actuel des techniques, les produits d'une épaisseur inférieure à 1 mm ne sont pas considérés comme des géomembranes.

Les caractéristiques (nature, épaisseur, préassemblage) des produits certifiés ASQUAL en 2007 sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Nature	Épaisseur	Préassemblage
PVC-P ; PP-F (Polypropylène)	1 à 1,5 mm	possible
PEHD	1,5 à 2,5 mm	difficile
EPDM	1,14 mm	aisée jusqu'à 2000 m ²
BITUME ELASTOMERE	-	difficile

L'usage de PVC ou de Polypropylène d'une épaisseur de moins de 1,5mm peut

pouvoir être soulevés sans peine par une personne seule.

En zone circulaire, les tampons de fermeture, de préférence articulés, sont en fonte ductile de marque NF, d'une ouverture utile de 600 mm. Ils sont généralement de classe D400 (supportant 400 kN au m²) ou C250 sous trottoir.

En zone non circulaire, les tampons de fermeture sont en fonte ductile de marque NF de classe B125 (supportant 125 kN au m²).

IV-3.11. GEOSYNTHETIQUES

Les géosynthétiques regroupent les géomembranes, les géotextiles et d'autres matériaux géosynthétiques d'application spécifique.

La dénomination DEG (Dispositif d'Étanchéité par Géomembranes) regroupe l'ensemble des géotextiles de protection et la géomembrane.

Une certification ASQUAL est exigée pour les produits (géomembranes et géotextiles) mais aussi pour leurs applicateurs.

Les applicateurs de géomembranes doivent posséder les deux certifications ASQUAL :

- « Responsabilité chantier » et
- « Responsabilité soudage »

IV-3.11.1 Géomembranes

Leur épaisseur est de 1,14 mm pour de l'EPDM ou d'au moins 1,5 mm pour des membranes de type « hauts polymères ». Elles se présentent en forme de lés à assembler sur site ou pré assemblés.

s'envisager si l'épaisseur est supérieure à 1mm et si les conditions naturelles de pose assurent une durabilité équivalente à celle d'un matériau d'épaisseur supérieure.

IV-3.11.2 Géotextiles

IV-3.12. ROSEAUX

IV-3.13. REGARDS

IV-3.11.2 Géotextiles

Les géotextiles de protection protège la géomembrane du poinçonnement sur ses 2 faces, en fond de fouille et au contact des matériaux de remplissage. Ils sont de type « aiguilleté non tissé ».

IV-3.12. ROSEAUX

Les roseaux seront fournis par l'entreprise sous forme de plantules en godets individuels. Les plants doivent être suffisamment développés pour faciliter leur reprise. Les racines doivent notamment maintenir la motte.

L'entrepreneur fournit une attestation d'origine des plants ainsi que leurs dénominations commune et latine.

IV-3.13. REGARDS

Les regards en PEHD, PVC ou polypropylène sont soumis à avis technique. Les regards en béton sont conformes aux spécifications de la norme NF EN 1917 : regards de visite et boîtes de branchements en béton non armé, béton fibré acier et béton armé.

CHAPITRE V - CALCUL DES OUVRAGES ET EXECUTION DES TRAVAUX

ARTICLE V-1 : CALCUL DES OUVRAGES ET EXECUTION DES TRAVAUX : GENERALITES

Extrait texte CCTG

V-1.1. NOTE DE CALCUL SPECIFIQUE POUR LES SYSTEMES D'ALIMENTATION

En système d'alimentation enterré, veiller à ce que la note de calcul hydraulique soit complète et intègre la hauteur géométrique jusqu'au niveau de déversement correspondant à celui de la revanche.

Si l'alimentation des filtres est assurée directement par le dernier poste de relèvement du réseau, veillez à ce que les caractéristiques de la pompe (réglage du volume unitaire et débit) soient bien compatibles avec toutes les fonctions du système d'alimentation.

Réservoir

La forme du réservoir a une influence sur le profil hydraulique : pour diminuer la hauteur géométrique entre les canalisations d'entrée et sortie, une forme de type parallélépipédique et de hauteur réduite est la plus appropriée.

Dispositif assurant la vidange à fort débit

S'assurer que les phases de désamorçage du siphon sont bien franches.

Débit instantané et volume de bâchée sont reliés : plus le volume de la bâchée est réduit, plus le débit instantané doit être élevé pour "mouiller" toute la surface du filtre alimenté en un temps court.

ARTICLE V-1 : CALCUL DES OUVRAGES ET EXECUTION DES TRAVAUX : GENERALITES

Le calcul des ouvrages, l'élaboration des détails d'exécution et l'exécution des travaux sont réalisés conformément aux fascicules du cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux répertoriés en annexe B.

Cette prescription s'applique également à tous les articles du présent chapitre.

V-1.1. NOTE DE CALCUL SPECIFIQUE POUR LES SYSTEMES D'ALIMENTATION

La note de calcul mentionne le profil hydraulique, c'est à dire depuis l'introduction des eaux dans le réservoir jusqu'à leur arrivée sur le gravier ou sable pour leur traitement.

Réservoir

Le volume du réservoir est légèrement supérieur à celui de la bâchée élémentaire à épandre en une fois. Ce volume élémentaire correspond à une lame d'eau comprise entre les deux hauteurs extrêmes suivantes: 2 à 5 cm, répartie sur toute la surface du filtre en service.

Dispositif assurant la vidange à fort débit

Le réservoir est équipé d'un dispositif de vidange complète permettant sa maintenance et l'évacuation des dépôts vers la filière de traitement.

La note de calcul mentionne en particulier la constance des débits d'évacuation et détaille les phases de démarrage et d'arrêt de la vidange.

Un débit moyen pendant la vidange, égal ou supérieur à 0.5 m³/h par m² de filtre en cours d'alimentation est un minimum nécessaire pour assurer une bonne répartition, si le système de distribution est bien conçu.

ARTICLE V-2 : FOUILLES ET TERRASSEMENTS

Au 2^{ème} étage, si les études préalables rendent possibles une infiltration directe des eaux traitées sur tout ou partie de cet étage, on veille lors du terrassement à :

- *ne pas compacter le sol en fond de fouille,*
- *scarifier le fond de fouille sur 2cm de profondeur,*
- *garnir avec les matériaux de la couche drainante dès que possible afin de maintenir les capacités d'infiltration du sol*

ARTICLE V-3 : FONDATIONS ET PENTES DES TALUS

ARTICLE V-2 : FOUILLES ET TERRASSEMENTS

Piquetage : Avant ouverture des fouilles, il sera procédé contradictoirement par l'entrepreneur, en présence du maître d'œuvre, au piquetage des ouvrages. L'établissement des dossiers d'exécution avec vérification des niveaux du projet est à la charge de l'entreprise.

Terrassements : L'entrepreneur détermine lui-même l'emprise des terrassements sur la base du plan de masse topographique remis à la consultation. Il met en œuvre tous les moyens nécessaires pour s'affranchir des difficultés éventuelles de terrassement et de l'ensemble des contraintes issues de l'étude géotechnique initiale. Il procède ainsi à tous les étalements et blindages et protection de talus, en phases provisoire et définitive, rendus indispensables par la nature du sol. Il assure si besoin l'assèchement des fouilles, soit par épuisement, soit par construction d'ouvrages provisoires pour assurer l'évacuation des eaux.

Les terrassements en terrain détrempe sont proscrits.

Remblais : La terre végétale est décapée et mise en dépôt pour réemploi. Aucun déblai n'est utilisé en remblai sans l'accord du maître d'œuvre. L'excédent de déblais est soit mis en forme sur site, soit évacué vers un lieu de dépôt agréé.

ARTICLE V-3 : FONDATIONS ET PENTES DES TALUS

L'entrepreneur détermine et justifie des fondations à partir des conclusions de l'étude géotechnique. Les fondations sont adaptées à tous niveaux de remplissage quelque soit le niveau de la nappe.

L'entreprise veille à ce qu'aucun ancien réseau de drainage agricole n'existe sous le fond des filtres.

Le fond de forme est purgé de toute végétation et toutes traces de matières organiques végétales.

ARTICLE V-4 : MASSIFS FILTRANTS

En absence d'usage d'énergie, la dénivelée minimale entre le point d'introduction des eaux usées dans le réservoir de stockage amont et la canalisation d'évacuation vers le milieu récepteur superficiel est de 4 m.

V-4.1. ETANCHEITE PAR GEOMEMBRANE

Les 2 documents (CFG et LCPC-SETRA en annexe B) fournissent des éléments précis sur :

- *le recouvrement des lés*
- *les modalités d'assemblage*
- *le gabarit de la tranchée d'ancrage*
- *les principes de raccordement sur les ouvrages de génie civil et les canalisations.*

S'assurer que les surfaces retenues intègre bien les surfaces nécessaires aux ancrages et aux risques de déficit d'ancrage liés aux tolérances dans le terrassement. Ce point est particulièrement important en cas de pose de géomembrane préassemblée.

S'assurer qu'un dispositif de drainage de gaz sous la géomembrane est bien prévu.

Si un écran anti-racinaire est envisagé, il se pose en talus au dessus de la géomembrane et sous le géotextile de protection supérieur. Attention à la qualité de son assemblage qui ne doit pas laisser passer les rhizomes.

V-4.2. ETANCHEITE PAR SOL EN PLACE OU RAPPORTE

DEROGATOIRE partiellement : valeur 10^{-6} m/s et non pas 10^{-8} m/s.

Attention, cette valeur de perméabilité est portée à 10^{-8} m/s au 1^{er} étage si la couche drainante assure également une fonction de stockage temporaire des eaux traitées.

La pente maximale des digues en terrain naturel est de 1,5 horizontal pour 1 vertical en cas de pose de géomembranes et de 2 horizontal pour 1 vertical en cas d'étanchéification naturelle par sol en place ou rapporté.

ARTICLE V-4 : MASSIFS FILTRANTS

L'agencement des ouvrages doit permettre le dénoyage complet des filtres.

Une pente minimale de 0,5% est prévue en fond de bassin en direction du point de rassemblement des eaux traitées.

V-4.1. ETANCHEITE PAR GEOMEMBRANE

La mise en œuvre du Dispositif d'Etanchéité par Géomembrane doit suivre les recommandations générales élaborées par le Comité Français des Géotextiles en 1991 et par le Laboratoire des Ponts et Chaussées/SETRA en 2000.

La pose de la géomembrane doit être réalisée, tant en partie courante qu'aux points singuliers, par des applicateurs certifiés ASQUAL

La géomembrane couvre les berges sur une hauteur au moins égale à celle de la revanche et est ancrée en partie haute du filtre.

Les parties aériennes des talus intérieurs sont recouvertes d'une couche de matériaux graveleux de protection.

V-4.2. ETANCHEITE PAR SOL EN PLACE OU RAPPORTE

Les bassins en terre dont l'étanchéité n'est pas assurée par une géomembrane sont conçus et réalisés de sorte que la perméabilité du fond du bassin ne dépasse pas 10^{-6} m/s.

L'entrepreneur procède aux reconnaissances et études géotechniques complémentaires nécessaires pour préciser les caractéristiques des sols sur

Pour prévenir les risques de fissuration du tapis d'argile par dessiccation, on peut, recouvrir la partie supérieure des berges par de la terre végétale avant son engazonnement ou par une couche de tout-venant.

ARTICLE V-5 : BASSINS, CUVES ET RESERVOIRS EN BETON ARME OU NON

Pour les ouvrages de grande taille, se référer

- *au fascicule 68 pour leur fondation ;*
- *au fascicule 74 s'il s'agit de réservoir.*

ARTICLE V-6 : CHARPENTE METALLIQUE

l'emprise du ou des filtres et la position de la nappe, apprécier la possibilité d'obtenir une étanchéité suffisante par compactage du sol en place et définir les précautions à prendre pour l'exécution des travaux.

Le compactage se fait :

- sur des couches régulières de 30 cm d'épaisseur,
- sur des couches horizontales.

La teneur en eau du matériau est voisine de celle de l'Optimum Proctor Normal. La densité sèche après compactage est au moins égale à 97% de la densité de l'optimum Proctor Normal. Un nombre de passes suffisant est effectué en chaque point. Ce nombre est déterminé grâce à des planches d'essais faites en début de chantier.

La pente des talus est inférieure à 2/1 et leur compactage est effectué face à la pente depuis le fond jusqu'à la crête de la digue.

Toutes précautions sont prises pour prévenir les risques de fissuration du tapis d'argile par dessiccation.

Avant la mise en place des matériaux, le fond du filtre et les parties remplies des talus sont protégées par un géotextile séparation ou du sable sur une épaisseur de 5 à 10 cm.

ARTICLE V-5 : BASSINS, CUVES ET RESERVOIRS EN BETON ARME OU NON

Les ouvrages en béton seront conçus pour résister à un environnement agressif.

Les ouvrages particuliers que l'entrepreneur propose de couler en place feront l'objet de plans d'exécution et de coffrage, d'une note de calcul de stabilité et de résistance ; le calcul sera basé sur les dispositions des fascicules 62 section I, 63, 64 ou 65 B selon la nature du béton utilisé.

ARTICLE V-6 : CHARPENTE METALLIQUE

SANS OBJET

ARTICLE V-7 : ETANCHEITE DES TOITURES ET TERRASSES

ARTICLE V-8 : PEINTURAGE ET PROTECTION CONTRE LA CORROSION

ARTICLE V-9: TRAVAUX D'INSTALLATION MECANIQUE

ARTICLE V-10 : EXECUTION DES RESEAUX

ARTICLE V-11 : GARNISSAGE DES FILTRES

V-11.1. RESEAU DE COLLECTE

Si les fentes des drains sont réalisées sur chantier, il faut veiller à nettoyer tous les orifices des éventuelles bavures provoquées par le sciage.

Les fentes des canalisations rigides, de section circulaire, doivent être orientées vers le bas afin de réduire la stagnation des eaux en fond de bassin.

La base plane et pleine de drains routiers, non sujets à l'écrasement, est posée en fond de filtre.

V-11.2. GRANULATS

Le remplissage des filtres conditionne le bon fonctionnement hydraulique ultérieur des filtres. Si le stockage des matériaux « lavés » est nécessaire, mettre en place des conditions de stockage afin qu'ils restent propres. Des fines, en quantité trop importante, même dans du gravier, risquent, par leur migration, de conduire au

ARTICLE V-7 : ETANCHEITE DES TOITURES ET TERRASSES

IDEM CCTG

ARTICLE V-8 : PEINTURAGE ET PROTECTION CONTRE LA CORROSION

IDEM CCTG

ARTICLE V-9: TRAVAUX D'INSTALLATION MECANIQUE

IDEM CCTG

ARTICLE V-10 : EXECUTION DES RESEAUX

IDEM CCTG

ARTICLE V-11 : GARNISSAGE DES FILTRES

V-11.1. RESEAU DE COLLECTE

L'implantation du réseau de canalisations est effectué au niveau laser. Les chapeaux d'aération sont tous calés au même niveau, et à une hauteur correspondant au minimum à celle de la revanche au dessus du niveau fini des filtres.

V-11.2. GRANULATS

Si le stockage temporaire sur site des matériaux s'avère nécessaire, il faut mettre en place des conditions d'entrepôt telles qu'elles n'introduisent pas de fines, ni pendant la durée du stockage, ni à la reprise des matériaux.

Le remplissage des matériaux ne doit pas occasionner de dégradation de

colmatage du sable.

V-11.3 RESEAU DE DISTRIBUTION

V-11.4 CLOISONS DE SEPARATION

V-11.5 PLANTATION

On peut aussi mettre en place des rhizomes (2 noeuds) seuls à raison de 5 par m².

On peut, pour le premier étage seulement, adapter la surface plantée au taux de raccordement de la station. En effet, en cas de sous charge initiale, les MES des eaux usées ne couvriront pas l'ensemble de la surface des filtres. Les roseaux plantés au bord des filtres se développeront donc mal. La plantation sur la seule zone humidifiée suffit. Les autres zones seront envahies progressivement par les rhizomes au fur et à mesure de l'augmentation des charges appliquées.

La plantation a lieu de préférence entre Mars et Septembre

l'étanchéité naturelle ou artificielle.

L'introduction d'engin à l'intérieur du filtre est à proscrire afin d'éviter l'écrasement des canalisations de collecte.

Pour la mise en place du sable du 2^{ème} étage, on recommande une confection par couches successives de 15 à 20 cm afin de limiter la ségrégation du matériau.

V-11.3 RESEAU DE DISTRIBUTION

Sur les deux étages, l'implantation des canalisations de distribution est effectué au niveau laser.

Au 2^{ème} étage, les extrémités du réseau sont munies de bouchons étanches accessibles et dévissables.

V-11.4 CLOISONS DE SEPARATION

Au sein d'un même étage dans un bassin unique, les filtres sont séparés les uns des autres à l'aide de cloisons ancrées dans les talus. Ces cloisons étanches sont enfoncées sur une hauteur de 30 cm dans la couche filtrante et débordent sur une hauteur au moins équivalente à celle de la revanche

V-11.5 PLANTATION

Les roseaux sont plantés avant la mise en service de la station d'épuration.

En cas de non démarrage immédiat de la station, la plantation n'aura lieu que si la station d'épuration est munie d'un dispositif d'alimentation en eau pour que les plants ne dépérissent pas. En absence de ce dispositif, les travaux pourront subir un arrêt temporaire jusque quelques jours avant la mise en service pour réaliser ces plantations.

Une densité minimale de 4 plants/m² doit être respectée dès la plantation.

La période idéale de plantation, de façon à assurer la reprise, est le printemps. La plantation est interdite en période de gel ou de très grande chaleur.

CHAPITRE VI - ÉPREUVES, ESSAIS, RÉCEPTION

ARTICLE VI-1 : ESSAIS ET CONTROLE EN COURS DE TRAVAUX

La fin du terrassement peut constituer un point d'arrêt. En présence du bureau retenu pour la mission de contrôle géotechnique, vérifier les pentes des talus ainsi que toutes les emprises.

Au 1^{er} étage, du fait de l'alimentation en eaux chargées en MES, on pourra tolérer un défaut de planéité de l'ordre de 5cm

Au 2^{eme} étage, le défaut de planéité est de l'ordre de 2cm

VI-1.1. GRANULATS

Pour lever toutes ambiguïtés, définir qui réalise le prélèvement, la liste des personnes présentes sur site et à qui sont imputés les frais d'analyses.

Le titulaire du marché peut proposer de réaliser un test appelé de « GRANT ». Ce test, réalisé à l'eau claire, dans des conditions définies, mesure des vitesses de perméabilité et fournit ainsi une indication sur un risque éventuel de colmatage à long terme.

ARTICLE VI-1 : ESSAIS ET CONTROLE EN COURS DE TRAVAUX

Il est procédé au contrôle des dimensions des cuves et bassins préalablement aux essais d'étanchéité.

Pour les filtres, la surface théorique correspond à la surface « niveau fini » des bassins.

On vérifiera, après leur plantation, l'horizontalité des surfaces de tous les filtres.

Sauf explications spécifiques contraires, on vérifiera la planéité de tout le réseau de distribution (porte-rampes et rampes) du 2^{eme} étage à l'aide de mesures entre appuis.

VI-1.1. GRANULATS

La granulométrie ainsi que les caractéristiques des granulats doivent être conformes aux prescriptions du marché (qualité : roulé ou concassé, granulométrie, teneur en fines et en calcaire). Des vérifications auront lieu à divers stades d'avancement du projet :

- analyse des matériaux chez le fournisseur, par le titulaire du marché et envoi des rapports d'analyse, pour acceptation, au maître d'œuvre (courbes granulométriques, d₁₀, CU= d₆₀/d₁₀, teneur en fines et teneur en calcaire) ;
- vérification par le maître d'œuvre de la conformité du matériau aux prescriptions et livraison après autorisation donnée au titulaire du marché ;
- analyses du matériau livré selon un nombre d'analyses indiqué dans le tableau ci-dessous :

	Sable	Gravier
Paramètres analysés :	Courbe granulométrique, teneur en fines, d10, CU, teneur en Ca.	Courbe granulométrique, teneur en fines.
Cap traitement : < 12 kgDBO ₅ .j ⁻¹	1	1
Cap traitement : 12–24 kgDBO ₅ .j ⁻¹	2	1
Cap traitement : 24–60 kgDBO ₅ .j ⁻¹	3	2
Cap traitement : 60–120 kgDBO ₅ .j ⁻¹	4	2
Par tranche de 60kgDBO ₅ .j ⁻¹ supplémentaire	+ 1	+1

Les autres granulats font l'objet d'une inspection visuelle et en cas de doute, il peut être procédé aussi à des analyses granulométriques.

S'il n'y pas conformité aux prescriptions, le maître d'œuvre se réserve la possibilité de demander le remplacement des matériaux non conformes et de nouvelles analyses, cette opération étant totalement à la charge de l'entrepreneur.

S'il y a conformité aux prescriptions, le maître d'œuvre autorise le titulaire du marché au remplissage des filtres.

VI-1.2. GEOSYNTHETIQUES

VI-1.2. GEOSYNTHETIQUES

La complète adéquation entre l'étiquetage des produits et les certificats de qualité fournis (cf IV-3.11) est vérifiée.

On effectue un contrôle visuel de la pose de la géomembrane en place et particulièrement au niveau de tous les points singuliers (soudures, jonctions au niveau des ouvrages et des conduites, ancrages,...) avant le début des tests d'étanchéité.

VI-1.3. PLANTATION

VI-1.3. PLANTATION

On vérifie, à l'aide du certificat fourni par l'entrepreneur et élaboré par le fournisseur les noms commun et latin des plants.

Les roseaux sont plantés après accord du maître d'œuvre et de l'entrepreneur et

avant la mise en service de la station d'épuration.

ARTICLE VI-2 : EPREUVES D'ETANCHEITE DES FILTRES, OUVRAGES ANNEXES ET CANALISATIONS

VI-2.1. FILTRES

Il est conseillé de conduire ces essais après l'installation complète d'une clôture afin de se prémunir, pendant toute la durée des essais, des risques de noyade de personnel non autorisé.

Si la station n'est pas encore clôturée, on peut réduire la durée des essais de moitié (12h) afin de limiter les risques de noyades en cas d'essai sur des bassins étanchés par géomembranes.

Pour réduire la quantité d'eau liée à ces essais, il est conseillé de les conduire d'abord sur le 1^{er} étage et d'utiliser la même eau pour le 2^{ème} étage.

Des difficultés à réaliser ces essais peuvent apparaître en cas de conduite de travaux à l'avancement.

ARTICLE VI-2 : EPREUVES D'ETANCHEITE DES FILTRES, OUVRAGES ANNEXES ET CANALISATIONS

Pour chacune des épreuves d'étanchéité, il convient de spécifier l'origine de la ressource en eau utilisée ainsi que sa quantité.

VI-2.1. FILTRES

Une épreuve d'étanchéité est réalisée pour chaque cuve ou bassin.

Cette épreuve, appliquée aux filtres, est réalisée, de préférence avant leur remblaiement par les granulats, et obligatoirement après la mise en place des ouvrages annexes (par exemple, regard de collecte). L'entrepreneur fournit les bouchons ou rehausses nécessaires.

Pour les bassins étanchés par géomembranes ayant fonction de filtres, on procède comme suit :

1. Remplissage d'une petite quantité d'eau permettant de vérifier la bonne forme du fond des bassins (pentes) et de l'absence de zones de stockage.
2. Remplissage en eau jusqu'à la cote de la couche drainante (environ 20cm). On ne doit pas constater, 24 heures après, de baisse du niveau d'eau. En cas de doute, on prolongera l'essai.
3. Mise en place des granulats et canalisations.
4. Remplissage en eau jusqu'à la cote maximale de mise en charge. On ne doit pas constater, 24 heures après, de baisse du niveau d'eau. En cas de doute, on prolongera l'essai.

Si ce test s'avère négatif, même partiellement, l'entrepreneur procède à ses frais aux réparations nécessaires et le protocole est réalisé de nouveau.

En cas d'étanchéification naturelle, surveiller également les points singuliers.

L'évaporation journalière peut être estimée dans bien des cas à un maximum de 5 mm.

En cas d'étanchéité recherchée à $10^{-6} m.s^{-1}$, les pertes journalières par infiltration correspondent à une hauteur de l'ordre de 10 cm. En cas d'étanchéité recherchée à $10^{-8} m.s^{-1}$, elles ont à une hauteur de moins de 1 mm.

VI-2.2. OUVRAGES ANNEXES

DEROGATOIRE partiellement au CCTG fascicule 74 pour la durée limitée ici à 48h (durée des essais béton = 10j)

VI-2.3 CANALISATIONS

ARTICLE VI-3 : EPREUVES ET ESSAIS

VI-3.1. INSTALLATIONS DE POMPAGE

IDEM CCTG

VI-3.2. DISPOSITIFS D'ALIMENTATION HYDRAULIQUE

Pour les bassins étanchés naturellement (sol en place ou rapporté), on procède qu'aux étapes 1 et 2 de l'essai décrit pour les réservoirs étanchés par géomembrane. On apporte une quantité d'eau supplémentaire correspondant à deux fois la perte autorisée par infiltration et évaporation pour la durée déterminée. On note à l'aide d'un repère clair le niveau haut ; la différence de cote obtenue à la fin de l'essai doit correspondre à un volume inférieur à la totalité des pertes estimées par infiltration et évaporation.

VI-2.2. OUVRAGES ANNEXES

Pour les ouvrages annexes, l'épreuve d'étanchéité est réalisée après la mise en place des points particuliers. Après remplissage à l'eau jusqu'à la cote maximale de fonctionnement prévu, on ne doit constater, 48 heures après, ni fuite apparente ni suintement.

Par dérogation au fascicule n°74, les frais de fourniture de l'eau des essais sont à la charge de l'entrepreneur.

VI-2.3. CANALISATIONS

IDEM CCTG

ARTICLE VI-3 : EPREUVES ET ESSAIS

VI-3.1. INSTALLATIONS DE POMPAGE

Les épreuves et essais des installations de pompage sont réalisés en faisant application des dispositions du fascicule n° 81 titre I du CCTG travaux.

VI-3.2. DISPOSITIFS D'ALIMENTATION HYDRAULIQUE

VI-3.2.1 Vérification du calage du déversoir d'orage

- au débit nominal horaire et
- au débit horaire en situation actuelle.

VI-3.2.2 Vérification du débit de vidange de chaque réservoir d'alimentation par la mesure :

- du temps de vidange du réservoir à l'aide de chronomètre,
- du volume de la bâchée à chaque étage par des mesures

dimensionnelles ou d'un compteur d'eau dont la précision d'affichage est au dixième de m³

VI-3.2.3 Observation visuelle de l'absence de volume résiduel dans le réservoir après une bâchée.

VI-3.2.4 Vérification visuelle de l'absence de bavures dans les découpes des orifices de canalisations du 2^{ème} étage.

VI-3.2.5 Observation visuelle de la bonne équi-répartition sur l'ensemble

- des points d'injection de chaque filtre du 1^{er} étage,
- des orifices des rampes de chaque filtre du 2^{ème} étage (densité de tuyaux, trous, ..)

VI-3.2.6 En cas d'usages de chasse ou siphon, vérification visuelle de:

- leur bon fonctionnement sur un nombre minimum de 2 bâchées consécutives,
- le bon fonctionnement du compteur de bâchées.

Généralement, une observation visuelle de la surface mouillée au droit de chaque point d'injection semble suffisante. Au 1^{er} étage, la mesure de débits à chaque point est possible. Si la distance entre le réservoir et le 1^{er} étage est importante, cette mesure peut s'avérer utile.

La mesure de l'homogénéité des débits à chaque orifice du 2^{ème} étage n'est pas réaliste. On s'assure que tous les orifices des rampes du réseau de distribution normalement en service reçoivent de l'eau. En cas d'alimentation sous pression, on peut, pour l'essai, retourner une rampe et mesurer la pression à l'aide de la hauteur du jet issu de chaque orifice.

En cas de réseau souterrain au 2^{ème} étage, seule la vérification de l'équi-répartition est possible.

On veille à introduire dans les réservoirs l'eau claire à un débit stabilisé inférieur ou égal au débit moyen horaire de projet.

S'assurer que les phases d'amorçage et surtout de désamorçage, du siphon ou de la chasse, sont bien franches, même à faible débit.

ARTICLE VI-4 : VEGETAUX

Un suivi photographique daté permet de constater le taux de reprise, le développement, la colonisation et l'aspect des végétaux.

ARTICLE VI-4 : VEGETAUX

Les plants sont comptés et leur répartition est examinée.

L'entrepreneur procédera autant de fois qu'il est nécessaire à la fourniture et la plantation de roseaux et remplacera les zones présentant des insuccès jusqu'à achèvement du délai de garantie.

La garantie de reprise par l'entrepreneur est exigée pour la totalité des plants et contrôlée avant la fin de la seconde saison de végétation.

ARTICLE VI-5 : VERIFICATION DES MESURES NECESSAIRES A L'AUTO-SURVEILLANCE

DEROGATOIRE partiellement : car la validation est conduite en présence de « l'organisme en charge de la validation de l'auto surveillance » alors que le CCTG mentionne exclusivement « police de l'eau et agence de l'eau. ».

Extrait commentaires CCTG : « Il s'agit de la vérification de la géométrie des ouvrages, de la position du comptage et du réglage du zéro et de la sensibilité, y compris l'exactitude de la chaîne complète de mesure. »

ARTICLE VI-6 : ACHEVEMENT DE LA CONSTRUCTION. MISE EN ROUTE DE L'INSTALLATION : PERIODES DE MISE AU POINT ET D'OBSERVATION. DATE D'ACHEVEMENT DES TRAVAUX ; RECEPTION

IDEM CCTG

VI-6.1. CONSTAT D'ACHEVEMENT DE LA CONSTRUCTION

IDEM CCTG

ARTICLE VI-5 : VERIFICATION DES MESURES NECESSAIRES A L'AUTO-SURVEILLANCE

Après s'être assuré que les réglages des équipements ont été réalisés correctement, leur vérification est effectuée par tout moyen adéquat en présence d'un représentant de l'organisme en charge de la validation de l'auto surveillance et fera l'objet d'un procès-verbal.

ARTICLE VI-6 : ACHEVEMENT DE LA CONSTRUCTION. MISE EN ROUTE DE L'INSTALLATION : PERIODES DE MISE AU POINT ET D'OBSERVATION. DATE D'ACHEVEMENT DES TRAVAUX; RECEPTION

Au sens du présent fascicule, l'achèvement de la construction n'est pas l'achèvement des travaux visé à l'article 41.1 du CCAG travaux.

VI-6.1. CONSTAT D'ACHEVEMENT DE LA CONSTRUCTION

L'entrepreneur informe le maître d'ouvrage, par lettre recommandée, de l'achèvement de la construction. Il est alors procédé, dans un délai de vingt jours, à une visite des installations en vue de vérifier leur bonne exécution et leur conformité au marché. A l'issue de cette visite, il est dressé sans délai un constat d'achèvement de la construction.

Le cas échéant, celui-ci mentionne les omissions, imperfections ou malfaçons constatées. L'ordre de service notifiant le constat prescrit le délai dans lequel l'entrepreneur est tenu d'exécuter ou de terminer les travaux incomplets ou de remédier aux imperfections et malfaçons.

Lorsque l'installation comporte plusieurs ensembles d'ouvrages et que le marché prévoit des délais d'exécution partiels, il est procédé successivement et dans les mêmes conditions que ci dessus à des constats d'achèvement de la construction pour chacune des parties intéressées de l'installation.

VI-6.2. PERIODE DE MISE AU POINT

IDEM CCTG

VI-6.3. PERIODE DE MISE EN REGIME

DEROGATOIRE : la période de mise en régime est supprimée.

VI-6.4. PERIODE D'OBSERVATION

IDEM CCTG

La période d'observation démarre immédiatement après la période « de mise au point » puisque la période de « mise en régime » est supprimée.

VI-6.2. PERIODE DE MISE AU POINT

Après le constat d'achèvement de la construction, l'entrepreneur commence la mise au point de l'installation.

Pendant cette période de « mise au point », l'entrepreneur peut arrêter le matériel ou le mettre en marche à divers régimes, dans le but d'effectuer les réglages nécessaires et de s'assurer de son bon fonctionnement. En tout état de cause, cette période ne peut excéder deux mois.

Dès la période de « mise au point », l'entrepreneur met au courant le personnel qui sera chargé de l'exploitation de l'installation et l'instruit des consignes relatives à sa bonne marche et à son entretien.

Ce personnel est mis à la disposition de l'entrepreneur pour formation et pour participation aux tâches d'exploitation, par les soins et aux frais du maître de l'ouvrage.

Pendant les périodes de mise au point et de mise en régime:

- la conduite de l'installation est assurée sous l'autorité et la responsabilité de l'entrepreneur; toutes les mises au point, réparations ou modifications nécessaires sont effectuées par ses soins et à ses frais;
- la main d'œuvre d'exploitation, l'énergie, les fluides ainsi que les matières consommables et l'évacuation des déchets sont fournis gratuitement par le maître d'ouvrage en quantités limitées à celles nécessaires au fonctionnement normal de l'installation pendant ces périodes.

VI-6.3. PERIODE DE MISE EN REGIME

SUPPRIME

VI-6.4. PERIODE D'OBSERVATION

La période d'observation a pour but de constater que l'installation fonctionne sans révéler aucune défektivité d'ordre hydraulique, mécanique ou électrique, et sans présenter des difficultés d'exploitation.

L'entrepreneur demande par écrit que la mise en observation de l'installation ou d'une phase de traitement soit prononcée lorsqu'il estime que sont simultanément remplies les quatre conditions suivantes :

- l'installation ou une phase de traitement (eaux, boues) fonctionne en régime permanent sans révéler de défektivité d'ordre hydraulique, mécanique ou électrique, sans présenter de difficultés d'exploitation et dans le respect des conditions d'hygiène et de sécurité,
- les documents nécessaires à la conduite et à la maintenance de l'installation ont été remis au maître d'ouvrage,
- l'instruction du personnel devant assurer la conduite de l'installation et la maintenance a été effectuée.
- Les prescriptions relatives à l'hygiène et la sécurité du personnel sont respectées.

Si ces quatre conditions sont effectivement remplies, le maître d'ouvrage dans le délai de quinze jours qui suit la demande de l'entrepreneur prononce la mise en observation, laquelle donne lieu séance tenante à un procès-verbal. La date de mise en observation est la date de signature de ce procès-verbal.

L'entrepreneur conserve, jusqu'à la réception, la faculté de procéder à ses frais aux ultimes modifications, mises au point ou réglages qu'il juge encore nécessaires, eu égard toutefois aux nécessités de l'exploitation.

Pendant la période d'observation :

- la conduite de l'installation est assurée sous l'autorité et la responsabilité de l'entrepreneur ; toutes les mises au point, réparations ou modifications nécessaires sont effectuées par ses soins et à ses frais ;
- la main d'œuvre d'exploitation, l'énergie, les fluides ainsi que les matières consommables et l'évacuation des déchets sont fournis gratuitement par le maître d'ouvrage en quantités limitées à celles nécessaires au fonctionnement normal de l'installation pendant cette période.

VI-6.5. DATE D'ACHEVEMENT DES TRAVAUX, RECEPTION

IDEM CCTG

VI-6.5. DATE D'ACHEVEMENT DES TRAVAUX, RECEPTION

La réception est prononcée après constatation :

- de la conformité des installations au projet ;
- d'un fonctionnement ne révélant
 - ni défektivité d'ordre hydraulique, mécanique ou électrique,
 - ni difficulté d'exploitation,
 - ni nuisance anormale

constatée à partir d'une période d'observation continue de 30 jours.

ARTICLE VI-7 : CONSISTANCE ET MODALITES D'EXECUTION DES ESSAIS DE GARANTIE

VI-7.1. PRINCIPE DES ESSAIS DE GARANTIE

Lorsque l'installation comporte des éléments innovants, les maîtres d'ouvrage doivent demander des garanties spécifiques.

Si le taux de population raccordée est inférieure à 50% ou si la charge organique reçue est inférieure à 40% de la charge organique nominale, une division temporaire des filtres peut être effectuée d'un commun accord entre le maître d'œuvre et le constructeur. Les frais qui en découlent incombent au constructeur pour des filières innovantes.

VI-7.2. VERIFICATION DE LA QUALITE DU TRAITEMENT

DEROGATOIRE partiellement: le régime de fonctionnement entre systématiquement dans le domaine de traitement garanti défini à l'article II-2.2.

Il n'y a aucune quantification de la qualité des boues du 1^{er} étage.

La personne responsable du marché prononce la réception. Elle fixe la date d'achèvement des travaux. Cette date ne peut être antérieure à celle correspondant au dernier jour de cette période de 30 jours d'observation continue.

La réception est prononcée sous réserve de l'exécution concluante des essais de garantie et fait l'objet d'un procès verbal.

Si l'absence d'eaux usées à traiter ou l'impossibilité de rejeter empêche la réalisation des essais relatifs à la qualité des eaux traitées et des boues avant l'expiration du délai de garantie, la réserve relative à ces essais ne peut pas jouer et la réception ne peut pas être reportée pour ce motif.

A partir de la notification de la décision du maître d'ouvrage fixant la date d'achèvement des travaux, ce dernier prend la responsabilité de la conduite et de l'entretien de l'installation et l'entrepreneur peut alors retirer son personnel sous condition, jusqu'à la fin du délai de garantie, de son retour immédiat sur demande motivée du maître d'ouvrage.

ARTICLE VI-7 : CONSISTANCE ET MODALITES D'EXECUTION DES ESSAIS DE GARANTIE

VI-7.1. PRINCIPE DES ESSAIS DE GARANTIE

IDEM CCTG

VI-7.2. VERIFICATION DE LA QUALITE DU TRAITEMENT

La qualité de traitement est vérifiée, en application de l'article VI-7.1, dans les conditions ci-après de fonctionnement.

Au temps initial et à la fin de chaque essai, on procède simultanément au relevé des divers compteurs.

VI-7.2.1. Régime de fonctionnement

DEROGATOIRE : les cas 1 bis et 2 du CCTG ne sont pas prévus car l'adaptation du fonctionnement en cas de surcharges n'a guère de sens.

VI-7.2.2. Qualité des eaux rejetées et détermination simultanée de la charge correspondante admise dans la station

VI-7.2.3. Qualité du traitement des boues

La qualité des boues ne peut être vérifiée. A ce stade, on peut juste s'assurer visuellement de la bonne distribution des boues en surface.

ARTICLE VI-8 : ESSAIS PARTIELS

VI-7.2.1. Régime de fonctionnement

La qualité des eaux est déterminée dans les conditions normales d'exploitation, le régime de fonctionnement étant situé à l'intérieur du domaine de traitement garanti défini par l'article II-2.2.

VI-7.2.2. Qualité des eaux rejetées et détermination simultanée de la charge correspondante admise dans la station

La durée des essais, résumée dans le tableau ci-dessous, est fonction de la taille des ouvrages.

Capacité de traitement	< 60 kgDBO ₅ .j ⁻¹	de 60 à 120 kgDBO ₅ .j ⁻¹	>120 kgDBO ₅ .j ⁻¹
Durée des essais	24h	2 fois 24h	3 fois 24h

La charge admise sur la station est déterminée en constituant automatiquement un échantillon moyen journalier de l'eau brute par prélèvements proportionnels (au débit ou au temps).

Cet échantillon et le débit journalier servent de base à la détermination des conditions réelles de charge et de débit telles que définies à l'article II-2.1.

Pour les ouvrages dont la capacité de traitement dépasse 60 kgDBO₅.j⁻¹, les essais sont conduits de préférence sous des conditions météorologiques différentes.

La qualité de l'eau traitée est vérifiée en prélevant à la sortie de l'installation un échantillon moyen journalier, constitué proportionnellement au débit.

VI-7.2.3. Qualité du traitement des boues

SANS OBJET

ARTICLE VI-8 : ESSAIS PARTIELS

SANS OBJET

***ARTICLE VI-9.: CONDITIONS DE REALISATION DES
MESURES DE BRUIT***

**ARTICLE VI-9 : CONDITIONS DE REALISATION
DES MESURES DE BRUIT**

SANS OBJET

***ARTICLE VI-10.: CONDITIONS DE REALISATION DES
MESURES D'EMISSIONS ODORANTES***

**ARTICLE VI-10 : CONDITIONS DE REALISATION
DES MESURES D'EMISSIONS ODORANTES**

SANS OBJET

A N N E X E A (contractuelle) LISTE DES NORMES SPECIFIQUES à UN CCTP « FILTRES PLANTES DE ROSEAUX »

Il appartient au rédacteur des documents particuliers du marché d'apporter à cette liste les compléments et les modifications utiles.

Les normes répertoriées dans les fascicules cités à l'annexe B sont également applicables

A NOUVELLES NORMES PAR RAPPORT AU CCTG FASCICULE 81 - TITRE II

Index de classement AFNOR	REFERENCE	TITRE
A35-015	NF A 35-015	Armatures pour béton armé- Ronds lisses soudables
A35-016	NF A35-016	Armatures pour béton armé - Barres et couronnes soudables à verrous de nuance FeE500-Treillis soudés constitués de ces armatures
A35-019-1	NF A35-019-1	Armatures pour béton armé- Armatures constituées de fils soudables à empreintes- Partie 1 : barres et couronnes.
A35-572-1	NF EN 10088-1	Aciers inoxydables Partie 1 : Liste des aciers inoxydables
A35-572-2	NF EN 10088-2	Aciers inoxydables Partie 2 : Conditions techniques de livraison des tôles et bandes en acier de résistance à la corrosion pour usage général.
A35-572-3	NF EN 10088-3	Aciers inoxydables Partie 3 : Conditions techniques de livraison pour les demi-produits, barres, fils machines, fils tréfilés, profils et produits transformés à froid en acier résistant à la corrosion pour usage général.
A 48-820	NF EN 598 :	Tuyaux , raccords et accessoires en fonte ductile et leurs assemblages pour l'assainissement - Prescriptions et méthodes d'essai.
C13-100F1	NF C 13-100 F1	Fiche d'interprétation de la norme C13-100
C15-100F2	NF C 15-100 F2	Fiche d'interprétation de la norme C15-100
P10-202-2/A1	P10-202-2/A1	DTU 20.1 .additif à la P10-202-2
P10-202-2/A2	P10-202-2/A2	DTU 20.1. Travaux de bâtiments. Ouvrages en maçonnerie de petits éléments. Parois et murs Partie 2 : règles de calcul et dispositions constructives minimales
P10-202-3/A3	P10-202-3/A1	DTU 20.1 .additif à la P10-202-3
P11-211/A1	P11-211/A1	DTU 13.11 Fondations superficielles
P14-201-1/A1	NF P 14-201-1/ A1	DTU 26.2 – Travaux de bâtiment – Chapes et dalles à base de liants hydrauliques – Partie 1 : cahier des clauses techniques
P14-201-1/A2	NF P 14-201-1/A2	DTU 26.2 – Travaux de bâtiment – Chapes et dalles à base de liants hydrauliques – Partie 1 : cahier des clauses techniques
P15-101-1	NF EN 197-1	Ciment– Partie 1 Composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants.

P16-341	NF P16-341 :	Evacuations, assainissement – Tuyaux circulaires en béton armé et non armé pour réseaux d’assainissement sans pression – Définitions, spécifications, méthodes d’essais, marquage, conditions de réception.
P16-346-1	NF EN 1917	Regards de visite et boîtes de branchements en béton non armé, béton fibré acier et béton armé.
P16-352-1	NF EN 1401-1	Systèmes de canalisations en plastique pour les branchements et les collecteurs d’assainissement enterrés sans pression - Poly(chlorure de vinyle) non plastifié (PVC-U)-Partie 1 : spécifications pour tubes, raccords et le système
P16-356-1	NF EN 12666-1	Systèmes de canalisations en plastique pour les branchements et les collecteurs enterrés d’assainissement sans pression - polyéthylène (PE)- Partie 1;: spécifications pour les tubes, les raccords et le système.
P16-357-1	NF EN 1852-1	Systèmes de canalisations en plastique pour les branchements et les collecteurs enterrés d’assainissement sans pression - polypropylène (PP)- Partie 1;: spécifications pour les tubes, les raccords et le système.
P16-358-1	NF EN 1456-1	Systèmes de canalisations en plastique pour branchements et collecteurs d’assainissement enterrés et aériens avec pression - Poly(chlorure de vinyle) non plastifié (PVC-U)-Partie 1 : spécifications pour les composants et le système.
P18-325-1	NF EN 206-1	Béton – Partie 1 Spécifications, performances, production et conformité.
P18-622-1	NF EN 933-1	Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats. Partie 1 : détermination de la granularité – Analyse granulométrique par tamisage.
P18-622-1/A1	NF EN 933-1/A1	Essais pour déterminer les propriétés géométriques des granulats. Partie 1 : détermination de la granularité – Analyse granulométrique par tamisage.
P18-622-2	NF EN 933-2	Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats Partie 2 : détermination de la granularité – Tamis de contrôle, dimensions nominales des ouvertures
P18-342	NF EN 934-2	Adjuvants pour béton, mortier et coulis - partie 2 adjuvants pour béton – Définitions, exigences, conformité, marquage et étiquetage.
P18-342/A1	NF EN 934-2/A1	Adjuvants pour béton, mortier et coulis - partie 2 adjuvants pour béton – Définitions, exigences, conformité, marquage et étiquetage.
P18-211	NF EN 1008	Eau de gâchage pour béton -spécifications d’échantillonnage, d’essais et d’évaluation de l’aptitude à l’emploi y compris les eaux des processus de l’industrie du béton, telle que l’eau de gâchage pour béton.
P18-601	NF EN 12620	Granulats pour béton
P23-201-2	NF P 23-201-2	DTU 36.1 – Travaux de bâtiment. Menuiserie en bois. Partie 2 : cahier des clauses spéciales.
P36-201	P36-201	DTU 40.5. Couverture. Travaux d’évacuation des eaux pluviales. Cahier des clauses techniques
P40-202	P40-202	DTU 60.11. Règle de calcul des installations de plomberie sanitaire et des installations des eaux pluviales
P52-305-1/A1	NF P 52-305-1/A1	DTU 65.10 – Travaux de bâtiment. Canalisations d’eau chaude ou froide sous pression et canalisations d’évacuation des eaux usées et des eaux pluviales à l’intérieur des bâtiments. Règles générales de mise en œuvre. Partie 1 : cahier des clauses techniques.
P52-305-1/A2	NF P 52-305-1/A2	DTU 65.10 – Travaux de bâtiment. Canalisations d’eau chaude ou froide sous pression et canalisations d’évacuation des eaux usées et des eaux pluviales à l’intérieur des bâtiments. Règles générales de mise en œuvre. Partie 1 : cahier des clauses techniques.
P74-201-1/A1	NF P 74-201-1/A1	DTU 59.1 – Peinture. Travaux de peinture des bâtiments partie 1 : cahier des clauses techniques
P84-500	NF P 84-500	Géomembranes – Terminologie
P84-520	NF P 84-520	Géomembranes – Identification sur site
P94-056	NF P 94-056	Sols : reconnaissance et essais – Analyse granulométrique – Méthode par tamisage à sec après lavage
T54-300-1	NF EN 13244-1	Systèmes de canalisations en plastique pour les applications générales de transport d’eau, de branchement et de collecteurs d’assainissement, enterrés sous pression- polyéthylène (PE) Partie 1 : Généralités
T54-300-2	NF EN 13244-2	Systèmes de canalisations en plastique pour les applications générales de transport d’eau, de branchement et de collecteurs

		d'assainissement, enterrés sous pression- polyéthylène (PE) Partie 2 : Tubes
T54-300-3	NF EN 13244-3	Systèmes de canalisations en plastique pour les applications générales de transport d'eau, de branchement et de collecteurs d'assainissement, enterrés sous pression- polyéthylène (PE) : Partie 3 : Raccords
T54-300-4	NF EN 13244-4	Systèmes de canalisations en plastique pour les applications générales de transport d'eau, de branchement et de collecteurs d'assainissement, enterrés sous pression- polyéthylène (PE) Partie 4 : Robinets
T54-300-5	NF EN 13244-5	Systèmes de canalisations en plastique pour les applications générales de transport d'eau, de branchement et de collecteurs d'assainissement, enterrés sous pression- polyéthylène (PE) Partie 5 : Aptitude à l'emploi du système.
T 57-214	NF EN 14-364	Systèmes de canalisations en plastique pour l'évacuation et l'assainissement avec ou sans pression - Plastiques thermodurcissables renforcés de verre (PRV) à base de résine polyester non saturée (UP)- Spécifications pour tubes, raccords et assemblage.
X10-316	NF ISO – 4377	Mesure de débit dans les canaux découverts. Déversoirs en V ouvert
X11-501	NF ISO - 565	Tamis de contrôle - tissus métalliques, étoles métalliques perforées et feuilles electroformées - dimensions nominales des ouvertures
X11-630	NF X 11-630	Granulométrie - Vocabulaire
X31-105	NF ISO 10693	Qualité du sol - Détermination de la teneur en carbonate - Méthode volumétrique
X43-327	NF EN 13725	Qualité de l'air - Détermination de la concentration d'une odeur par olfactométrie dynamique.

B NORMES CITEES DANS LE CCTG FASCICULE 81 - TITRE II SPECIFIQUES APPLICABLES

C04-200	NF C 04-200	Repérage des conducteurs
C13-100	NF C 13-100	Postes de livraison établis à l'intérieur d'un bâtiment et alimentés par un réseau de distribution publique HTA (jusqu'à 33 kV)
C13-200	NF C 13-200	Installations électriques à haute tension – Règles
C15-100	NF C 15-100	Installations électriques en basse tension
C20-010	NF EN 60529	Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP)
C20-010	NF EN 60529/ A1	Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP)
C51-115	NF EN 60034-5	Machines électriques tournantes – Classification des degrés de protection procurés par les enveloppes des machines
C52-742	NF EN 60742	Transformateurs de séparation des circuits et transformateurs de sécurité. Règles.
C79-130	NF EN 60204-1	Sécurité des machines. Équipements électriques des machines.
E09-001-1	NF EN 292-1	Sécurité des machines. Notions fondamentales, principes généraux de conception. Partie 1 : terminologie de base, méthodologie.
E09-001-2	NF EN 292-2	Sécurité des machines. Notions fondamentales, principes généraux de conception. Partie 2 : principes et spécifications techniques.
E09-010	NF EN 294	Sécurité des machines. Distances de sécurité pour empêcher l'atteinte des zones dangereuses par les membres supérieures.
E09-011	NF EN 349	Sécurité des machines. Écartements minimaux pour prévenir les risques d'écrasement de parties du corps humain.
E09-020	NF EN 1050	Sécurité des machines. Principes pour l'appréciation du risque.
E09-025	NF EN 954-1	Sécurité des machines. Partie des systèmes de commande relatives à la sécurité. Partie 1 : principes généraux de conception.
E09-051	NF EN 1088	Sécurité des machines. Dispositifs de verrouillage associés à des protecteurs. Principes de conception et de choix.
E09-052	NF EN 999	Sécurité des machines. Positionnement des équipements de protection en fonction de la vitesse d'approche des parties du corps.
E09-053-1	NF EN 418	Sécurité des machines. Équipement arrêté d'urgence, aspects fonctionnels. Principes de conception.
E09-053-2	NF EN 1037	Sécurité des machines. Prévention de la mise en marche intempestive.
E09-060	NF EN 953	Sécurité des machines. Protecteurs. Prescriptions générales pour la conception et la construction des protecteurs fixes et mobiles
E44-190	NF E 44-190	Pompes – Notice de montage et d'installation. [Fascicule de documentation]
P10-202-1	P10-202-1	DTU 20.1 – Travaux de bâtiments. Ouvrages en maçonnerie de petits éléments. Partie 1 : cahier des clauses techniques
P10-202-2	P10-202-2	DTU 20.1 – Travaux de bâtiments. Ouvrages en maçonnerie de petits éléments. Partie 2 : règles de calcul et dispositions constructives minimales
P10-202-3	P10-202-3	DTU 20.1 – Travaux de bâtiments. Ouvrages en maçonnerie de petits éléments. Partie 3 : guide pour le choix des types de murs de façades en fonction du site
P11-211	P11-211	DTU 13.11 – Fondations superficielles
P11-212	P11-212	DTU 13.2. – Travaux de bâtiment – travaux de fondations profondes pour le bâtiment.
P14-201-1	NF P 14-201-1-	DTU 26.2 – Travaux de bâtiment – Chapes et dalles à base de liants hydrauliques – Partie 1 : cahier des clauses techniques
P16-600	NF EN 1085	Traitement des eaux usées – Vocabulaire
P16-700-1	NF EN 12255-1	Stations d'épuration – Partie 1 : principes généraux de construction
P16-700-3	NF EN 12255-3	Stations d'épuration – Partie 3 : prétraitements
P16-700-10	NF EN 12255-10	Stations d'épuration – Partie 10 : principes de sécurité

P18-201	NF P 18-201	DTU 21 – Travaux de bâtiment – Exécution des travaux en béton – Cahier des clauses techniques
P23-201-1	NF P 23-201-1	DTU 36.1 – Travaux de bâtiment. Menuiserie en bois. Partie 1 : cahier des clauses techniques.
P25-362	NF P 25-362	Fermeture pour baies libres sur portails. Spécifications techniques. Règles de sécurité.
P40-201	NF P 40-201	Travaux de bâtiment. Plomberie sanitaire pour bâtiments à usage d'habitation. Cahier des charges. Canalisations en fonte, évacuations d'eaux usées, d'eaux pluviales et d'eaux vannes. Cahier des clauses techniques.
P41-211	NF P 41-211	Travaux de bâtiment. Canalisations en polychlorure de vinyle non plastifié. Eau froide avec pression. Cahier des charges
P41-220	NF P 41-220	Travaux de bâtiment. Canalisations en fonte. Évacuations d'eaux usées, d'eaux pluviales et d'eaux vannes. Cahier des clauses techniques
P50-411-1	NF P 50-411-1	Travaux de bâtiment. Exécution des installations de ventilation mécanique. Partie 1 : Cahier des clauses techniques
P52-305-1	NF P 52-305-1	DTU 65.10 – Travaux de bâtiment. Canalisations d'eau chaude ou froide sous pression et canalisations d'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales à l'intérieur des bâtiments. Règles générales de mise en œuvre. Partie 1 : cahier des clauses techniques.
P71-201-1	NF P 71-201-1	DTU 25.1 – Travaux de bâtiment. Enduits intérieurs en plâtre. Partie 1 : cahier des charges.
P72-202-1	NF P 72-202-1	DTU 25.31 – Ouvrages verticaux de plâtrerie ne nécessitant pas l'application d'un enduit au plâtre. Exécution des cloisons en carreaux de plâtre. Partie 1 : cahier des clauses techniques.
P74-201-1	NF P 74-201-1	DTU 59.1 – Peinture. Travaux de peinture des bâtiments partie 1 : cahier des clauses techniques
P95-102	NF P 95-102	Ouvrages d'art – Réparation et renforcement des ouvrages en béton et en maçonnerie – Béton projeté – Spécifications relatives à la technique et aux matériaux utilisés.
P95-107	NF P 95-107	Ouvrages d'art – Réparations et renforcement des maçonneries – Spécifications relatives à la technique et aux matériaux utilisés.
S31-010	NF S 31-010	Acoustique – Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement – Méthodes particulières de mesurage (Remplace la norme NF S 31-010 de novembre 1987)
S31-110	NF S 31-110	Acoustique – Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement – Grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation.
T54-080	NF T 54-080	Dispositifs avertisseurs pour ouvrages enterrés – Spécifications – Méthodes d'essai
T90-008	NF T 90-008	Qualité de l'eau. Détermination du pH
T90-012	NF EN ISO 13395	Qualité de l'eau. Détermination de l'azote nitreux et de l'azote nitrique et de la somme des deux par analyse en flux (CFA et FJA) et détection spectrométrique.
T90-013	NF EN 26777	Qualité de l'eau. Dosage des nitrites. Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire.
T90-023	NF EN 1189	Qualité de l'eau. Dosage du phosphore. Dosage spectrométrique à l'aide du molybdate d'ammonium.
T90-031	NF EN 27888	Qualité de l'eau. Détermination de la conductivité électrique
T90-042	NF EN ISO 10304-1	Qualité de l'eau. Dosage des ions fluorure, chlorure, nitrite, orthophosphate, bromure, nitrate et sulfate dissous, par chromatographie des ions en phase liquide. Partie 1 : méthode applicable pour les eaux faiblement contaminées.
T90-046	NF EN ISO 10304-2	Qualité de l'eau. Dosage des anions dissous par chromatographie des ions en phase liquide. Partie 2 : dosage des ions bromure, chlorure, nitrate, nitrite, orthophosphate et sulfate dans les eaux usées.
T90-080	NF EN ISO 11732	Qualité de l'eau. Détermination de l'azote ammoniacal par analyse en flux (CFA et FIA) et détection spectrométrique.
T90-101	NF T 90-101	Qualité de l'eau. Détermination de la demande chimique en oxygène. (DCO)
T90-102	NF EN 1484	Analyse de l'eau. Lignes directives pour le dosage du carbone organique total (COT) et carbone organique dissous (COD)
T90-103-1	NF EN 1899-1	Qualité de l'eau. Détermination de la demande biochimique en oxygène après n jours. (DBOn)

T90-103-2	NF EN 1899-2	Qualité de l'eau. Détermination de la demande biochimique en oxygène après n jours. (DBOn) Partie 2 : méthode pour les échantillons non dilués.
T90-105-2	NF T 90-105-2	Qualité de l'eau. Dosage des matières en suspension. Méthode par centrifugation.
T90-110	NF EN 25663	Qualité de l'eau. Dosage de l'azote Kjeldahl. Méthode après minéralisation du sélénium.
T90-111	NF T 90-111	Essais des eaux. Évaluation de la teneur en sels dissous à partir de la détermination de la conductivité électrique théorique. [Fascicule de documentation]
U44-041	NF U 44-041	Matières fertilisantes – Boues des ouvrages de traitement des eaux usées urbaines – Dénominations et spécifications
U44-171	NF U 44-171	Boues – Amendements organiques – Supports de culture – Détermination de la matière sèche
X10-311	NF X 10-311	Mesure du débit de l'eau dans les canaux découverts au moyen de déversoirs en mince paroi.
X10-312	NF ISO – 4360	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts au moyen de déversoirs et de canaux jaugeurs. Déversoirs à profil triangulaire.
X33-003	NF EN 12176	Caractérisation des boues – Détermination de la valeur du pH
X33-005	NF EN 12880	Caractérisation des boues – Détermination de la teneur en matière sèche et de la teneur en eau
X33-006	NF EN ISO 5667-13	Qualité de l'eau – Échantillonnage – Partie 13 : guide pour l'échantillonnage de boues provenant d'installations de traitement de l'eau et des eaux usées.
X33-007	NF EN 12832	Caractérisation des boues – Valorisation et élimination des boues – Vocabulaire
X33-009	NF EN 13342	Caractérisation des boues – Détermination de l'azote Kjeldahl
X33-010	NF EN 13346	Caractérisation des boues – Détermination des éléments traces et du phosphore – Méthodes d'extraction à l'eau régale
X33-013	FD CR 13846	Caractérisation des boues – Recommandations relatives aux modes de valorisation et d'évacuation des boues
X43-101	NF X 43-101	Qualité de l'air. Méthode de mesurage de l'odeur d'un effluent gazeux. Détermination du facteur de dilution au seuil de perception.
X43-103	NF X 43-103	Qualité de l'air. Mesurage olfactométriques. Mesurage de l'odeur d'un effluent gazeux. Méthodes supraliminaires.
X51-001	NF X 51-001	Attestation et marquage des câbles, chaînes et crochets (annexe à la directive du 13 avril 1976 de la commission des communautés européennes)

C NORMES SANS OBJET CITEES DANS LE CCTG FASCICULE 81 - TITRE II

B50-100-2	NF EN 335-2	Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois. Définition des classes de risque d'attaque biologique. Partie 2 : application au bois massif
B50-105-3	NF B 50-105-3	Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois. Bois massif traité avec produit de préservation. Partie 3 : performances de préservation des bois et attestation de traitement. Adaptation à la France métropolitaine.
C17-200	NF C 17-200	Installations d'éclairage public - Règles. (Constitué par la norme NF C 17-200 d'avril 1990 et additif 1 de mars 1993)
E52-121	NF E 52-121	Levage et manutention – Ponts roulants – Construction et installation
E85-012	NF E 85-012	Éléments d'installations industrielles. Échelles métalliques fixes avec ou sans crinoline. Protection « anti-intrusion » condamnant l'accès bas à l'échelle.
E85-101	NF E 85-101	Éléments d'installations industrielles - Garde corps métalliques. Terminologie. Dimensions. Essais.
H95-103	NF H 95-103	Code de sécurité des transporteurs à courroies. Exemples de protections aux points d'enroulement. [Fascicule de documentation]
H95-106	NF H 95-106	Engins de manutention continue. Transporteurs à courroies. Exemples des points de coincement sur les rouleaux. [Fascicule de documentation]
H95-110	NF EN 95-110	Engins de manutention continue. Code de sécurité. Règles particulières.
P06-013	NF P 06-013	Règles de construction parasismique. Règles PS applicables aux bâtiments dites Règles PS92
P06-014	NF P 06-014	Règles de construction parasismique. Construction parasismique de maisons individuelles et des bâtiments assimilés. Règles PS-MI 89 révisées 92. Domaine d'application. Conception. Exécution.
P16-700-4	NF EN 12255-4	Stations d'épuration – Partie 4 : décantation primaire
P16-700-5	NF EN 12255-5	Stations d'épuration – Partie 5 : lagunage
P16-700-6	NF EN 12255-6	Stations d'épuration – Partie 6 : procédés à boues activées
P16-700-8	NF EN 12255-8	Stations d'épuration – Partie 8 : stockage et traitement des boues
P16-700-9	NF EN 12255-9	Stations d'épuration – Partie 9 : maîtrise des odeurs et ventilation
P16-700-11	NF EN 12255-11	Stations d'épuration – Partie 11 : informations générales
P16-800-1	NF EN 12566-1	Petites installations de traitement des eaux usées jusqu'à 50 PTE - Partie 1 : fosses septiques préfabriquées
P18-622-10	NF EN 933-10	Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats – Partie 10 : détermination des fines – granularité des fillers (tamisage dans un jet d'air).
P20-301	NF P 20-301	Portes de chaufferies et locaux assimilés
P22-201	P22-201	DTU 32.1 Construction métallique : charpente en acier (édition avril 1982)
P22-202	P 22-202	DTU 32.2 - Travaux de bâtiment. Construction métallique. Charpente en alliages d'aluminium. Partie 1 : cahier des clauses techniques
P22-202-1	NF P 22-202-1	DTU 32.2 - Travaux de bâtiment. Construction métallique. Charpente en alliages d'aluminium. Partie 1 : cahier des clauses techniques
P25-201-1	NF P 25-201-1	Travaux de bâtiment. Ouvrages de fermeture pour baies libres. Partie 1 : cahier des clauses techniques.

P31-201-1	NF P 31-201-1	DTU 40.22 - Travaux de bâtiment. Couverture en tuiles canal de terre cuite. Partie 1 : cahier des clauses techniques
P31-202	NF P 31-202	DTU 40.21 - Travaux de bâtiment. Couverture en tuiles de terre cuite à emboîtement et à glissement à relief. Partie 1 : cahier des clauses techniques
P31-203	NF P 31-203	DTU 40.211 - Travaux de bâtiment. Couverture en tuiles de terre cuite à emboîtement à pureau plat. Partie 1 : cahier des clauses techniques
P31-205	P31-205	DTU 40.241. Couvertures en tuiles planes en béton à plissement et à emboîtement longitudinal, suivi du cahier des clauses techniques et du cahier des clauses spéciales (édition juin 1990)
P31-206	P31-206	DTU 40.25. Couvertures en tuiles plates en béton
P34-201	P34-201	DTU 40.32. Couverture en plaques ondulées métalliques (édition avril 1982)
P34-205-1	NF P 34-205-1	DTU 40.35 - Travaux de bâtiment. Couverture en plaques nervurées issues de tôles d'acier revêtues. Partie 1 : cahier des clauses techniques
P34-206-1	NF P 34-206-1	DTU 40.36 - Travaux en bâtiment. Couverture en plaques nervurées d'aluminium prélaquées ou non. Partie 1 : cahier des clauses techniques
P34-211	P34-211	DTU 40.41. Couverture par éléments métalliques en feuilles et longues feuilles en zinc
P34-214-1	P34-214-1	DTU 40.44. Travaux de bâtiment. Couvertures par éléments métalliques en feuilles et longues feuilles en acier inoxydable étamé Partie 1 : cahier des clauses techniques (Norme expérimentale)
P34-215-1	NF P 34-215-1	DTU 40.45 - Travaux en bâtiment. Couverture par éléments métalliques en feuilles et longues feuilles en cuivre. Partie 1 : cahier des clauses techniques
P34-216-1	NF P 34-216-1	DTU 40.46 - Travaux de bâtiment. Travaux de couverture en plomb sur support continu. Partie 1 : Cahier des clauses techniques
P39-201-1	NF P 39-201-1	DTU 40.14 - Travaux de bâtiment. Couverture en bardeaux bitumés. Partie 1 : Cahier des clauses techniques.
P41-221	NF P 41-221	Travaux de bâtiment. Canalisations en cuivre. Distribution d'eau froide et chaude sanitaire, évacuation d'eaux usées, d'eaux pluviales, installations de génie climatique. Cahier des clauses techniques
P45-204	P45-204	DTU 61.1. Installations de gaz
P78-201-1	NF P 78-201-1	Travaux de bâtiment. Travaux de miroiterie – vitrerie. Partie 1 : cahier des clauses techniques
P80-201-2	NF P 80-201-2	Travaux de bâtiment. Marchés privés. Installations électriques des bâtiments à usage d'habitation. Partie 2 : Cahier des clauses spéciales
P84-204-1	NF P 84-204-1	Travaux de mise en œuvre. Travaux d'étanchéité des toitures terrasses avec éléments porteurs en maçonnerie. Partie 1 : cahier des clauses techniques
P84-205-1	NF P 84-205-1	Travaux de bâtiment. Étanchéité des toitures avec éléments porteurs en maçonnerie de pente > 5%. Partie 1 : Cahier des clauses techniques.
P84-206-1	NF P 84-206-1	Travaux de bâtiment. Mise en œuvre des toitures en tôle d'acier nervurées avec revêtement d'étanchéité. Partie 1 : Cahier des clauses techniques.
T90-106	NF EN 25814	Qualité de l'eau. Dosage de l'oxygène dissous. Méthode électrochimique à la sonde.
T90-141	NF EN 25813	Qualité de l'eau. Dosage de l'oxygène dissous. Méthode iodométrique.
T90-301	NF EN ISO 6341	Qualité de l'eau. Détermination de l'inhibition de la mobilité de (Daphnia), magna straus (cladocera, crustacea). Essai de toxicité aiguë.
U44-108	NF U 44-108	Boues des ouvrages de traitement des eaux usées urbaines - Boues liquides - Echantillonnage en vue de l'estimation de la teneur

		moyenne d'un lot
X08-100	NF X 08-100	Couleurs. Tuyauteries rigides. Identification des fluides par couleurs conventionnelles.
X10-301	NF X 10-301	Mesure de débit de l'eau dans les chenaux. Méthode d'exploration du champ des vitesses au moyen de moulinets à hélice. [Fascicule de documentation]
X10-305	X 10-305	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts. Méthode d'exploration du champ des vitesses utilisant un nombre réduit de verticales. [Fascicule de documentation]
X10-313	NF ISO – 4359	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts. Canaux jaugeurs à col rectangulaire, à col trapézoïdal et à col en U.
X10-314	NF X 10-314	Mesure du débit de l'eau dans les canaux découverts au moyen de déversoirs et de canaux jaugeurs. Méthode d'évaluation du débit par détermination de la profondeur en bout de chenaux rectangulaires à déversement dénoyé.
X10-315	NF ISO – 3846	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts au moyen de déversoirs et de canaux jaugeurs. Déversoirs rectangulaires à seuil épais.
X10-318	NF ISO – 9826	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts. Canaux jaugeurs PARSHALL et SANIRI
X10-319	NF ISO – 4374	Mesure de débit dans les canaux découverts. Dévidoirs horizontaux à seuil épais arrondis.
X10-334	NF ISO – 6416	Mesure de débit dans les canaux découverts. Mesure de débit à l'aide de méthode ultrasonique (acoustique)
X10-336	X 10-336	Mesure du débit total dans les canaux découverts. Méthodes électromagnétiques à l'aide d'une bobine d'induction couvrant toute la largeur du chenal. [Fascicule de documentation]
X10-350-3	NF ISO 9555-3	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts. Méthodes de dilution en régime permanent utilisant des traceurs. Partie 3 : Traceurs chimiques.
X35-107-1	NF EN 547-1	Sécurité des machines. Mesures du corps humain. Partie 1 : principes de détermination des dimensions requises pour les ouvertures destinées au passage de l'ensemble du corps dans les machines.
X35-107-2	NF EN 547-2	Sécurité des machines. Mesures du corps humain. Partie 2 : principes de détermination des dimensions requises pour orifices d'accès.
X35-107-3	NF EN 547-3	Sécurité des machines. Mesures du corps humain. Partie 3 : données anthropométriques.
X35-111	NF EN 563	Sécurité des machines. Températures des surfaces tangibles. Données ergonomiques pour la fixation de températures limites des surfaces chaudes.
X43-104	NF X 43-104	Qualité de l'air. Atmosphères odorantes. Méthodes de prélèvement.
X44-052	NF X 44-052	Prélèvement de poussière dans une veine gazeuse (cas général)

D NORMES DEROGATOIRES CITEES DANS LE CCTG FASCICULE 81 - TITRE II

P16-700-7

NF EN 12255-7

Stations d'épuration – Partie 7 : réacteurs biologiques à cultures fixées

A N N E X E B (contractuelle) LISTE DES FASCICULES POUR UN CCTP « FILTRES PLANTES DE ROSEAUX »

A NOUVEAUX FASCICULES PAR RAPPORT AU CCTG FASCICULE 81 - TITRE II

COMITE FRANÇAIS DES GEOSYNTHETIQUES, 1991, Recommandations générales pour la réalisation d'étanchéité par géomembranes. 47p.
LCPC-SETRA, 2000, Etanchéité par géomembranes des ouvrages pour les eaux de ruissellement routier. 166p.

B FASCICULES APPLICABLES SPECIFIQUES CITES DANS LE CCTG FASCICULE 81 – TITRE II

CCTG Fascicule 2. – Terrassements généraux.

CCTG Fascicule 3. – Fourniture de liants hydrauliques.

CCGT Fascicule 23. – Fourniture de granulats employés à la construction et à l'entretien des chaussées.

CCTG Fascicule 24. – Fourniture de liants hydrocarbonés employés à la construction et à l'entretien des chaussées.

CCTG Fascicule 25. – Exécution des corps de chaussées.

CCTG Fascicule 26. – Exécution des enduits superficiels.

CCTG Fascicule 27. – Fabrication et mise en œuvre des enrobés hydrocarbonés.

CCTG Fascicule 35. – Aménagements paysagers, aires de sports et de loisirs de plein air.

CCTG Fascicule 36. – Réseau d'éclairage public.

CCTG Fascicule 56. – Protection des ouvrages métalliques contre la corrosion.

CCTG Fascicule 62, titre premier, section I, dit règles « BAEL91 ». – Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé, suivant la méthode des états limites.

CCTG Fascicule 62, titre V – Règles techniques de conception et de calcul des fondations des ouvrages de génie civil.

CCTG Fascicule 63. – Exécution et mise en œuvre des bétons non armés, confection des mortiers.

CCTG Fascicule 64. – Travaux de maçonnerie d'ouvrages de génie civil.

CCTG Fascicule 65A (M.) et additif 65A – Exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou précontraint.

CCTG Fascicule 65B – Exécution des ouvrages en béton de faible importance.

CCTG Fascicule 68 – Exécution des travaux de fondation des ouvrages de génie civil.

CCTG Fascicule 74. – Construction des réservoirs en béton.

CCTG Fascicule 70. – Canalisation d'assainissement et ouvrages annexes.

CCTG Fascicule 71. – Fourniture et pose de conduites d'adduction et de distribution d'eau.

CCTG Fascicule 81, titre premier. – Construction d'installations de pompage pour le relèvement ou le refoulement d'eaux usées.

CCTG Fascicule 81, titre II. – Conception et exécution d'installations d'épuration d'eaux usées à l'EXCEPTION des chapitres et articles mentionnés ci-après :

I-6.2. Odeurs	Dérogatoire partiellement
Article I-9 : Destination des boues, résidus solides et autres sous-produits	Dérogatoire partiellement
II-1.2. Boues	Dérogatoire
II-2.2. Domaine de traitement garanti	Dérogatoire
II-2.2.1. Conditions de charge et de débit	Dérogatoire
II-2.2.2. Conditions de composition moyenne de l'influent	Dérogatoire
II-2.2.3. Autres conditions relatives à la qualité de l'influent	Sans objet mais dérogatoire éventuellement
III-2.1. Dérivation	Dérogatoire partiellement
Article III-4 : Dégrillage, dessablage, déshuilage et autres prétraitements	Dérogatoire partiellement
Article III-9 : Epuration biologique - Dispositifs à culture fixée	Dérogatoire partiellement
Article III-17 : Manutention, stockage et évacuation des boues et autres sous-produits de l'installation	Dérogatoire
Article III-19 : Mesures, contrôle, régulation	Dérogatoire
III-19.8. Mesure des débits et prélèvements	Dérogatoire partiellement
III-19.10. Tableau de commande	Dérogatoire partiellement
Article III-28 : Bureaux, laboratoires, ateliers et locaux annexes	Dérogatoire partiellement
Article III-31 : Clôture	Dérogatoire partiellement
Article V-4.2 Etanchéité par sol en place ou rapporté	Dérogatoire partiellement
Article VI-5: Vérification des mesures nécessaires à l'auto-surveillance	Dérogatoire partiellement
VI-6.3 Période de mise en régime	Dérogatoire
VI-7.2. Vérification de la qualité du traitement	Dérogatoire partiellement
VI-7.2.1. Régime de fonctionnement	Dérogatoire

•

C FASCICULES SANS OBJET CITES DANS LE CCTG FASCICULE 81 - TITRE II

CCTG Fascicule 4, titre II. – Armatures à hautes résistances pour constructions en béton précontraint par pré ou post-tension.

CCTG Fascicule 4, titre III. – Aciers laminés pour constructions métalliques.

CCTG Fascicule 62, titre premier, section II, dit règles « BPEL91 ». – Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton précontraint, suivant la méthode des états limites.

CCTG Fascicule 82. – Construction d'installations d'incinération de déchets ménagers.

CC0. – Installation de génie climatique, dispositions générales.

CC1. – Conception des installations de chauffage central à eau chaude.

CC2. – Dimensionnement de ces mêmes installations.

CC3. – Réalisation de ces mêmes installations.

CC4. – Conception des installations de chauffage à air chaud pulsé destinée au chauffage d'ambiance des locaux industriels.

CC5. – Dimensionnement de ces mêmes installations.

CC6. – Réalisation de ces mêmes installations.

Règles NV 65 – Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions (mise à jour avril 2000).

Règles N 84 modifiées 95 – Actions de la neige sur les constructions (mise à jour avril 2000).

Règles CM 66 – Règles de calcul des constructions en acier, additif 1980.

Règles A1 – Règles de conception et de calcul des charpentes en alliage d'aluminium

ANNEXE 15

Permis provisoire d'importation

PERMIS PROVISoire D'IMPORTATION DE
 PRODUITS SOUMIS A LA REGLEMENTATION PHYTOSANITAIRE
 IMPORT PERMIT FOR PRODUCTS UNDER PLANTS REGULATION

GOUVERNEMENT DE LA
 NOUVELLE CALEDONIE

Direction des Affaires Vétérinaire,
 alimentaire et Rurale

LE CHEF DU SERVICE D'INSPECTION VETERINAIRE, ALIMENTAIRE ET PHYTOSANITAIRE AUTORISE :

The Chief of the Veterinary and Plant Protection Service allows :

Mr Pierre BERNIS BP 812 98845 Nourméa N.C

SERVICE D'INSPECTION
 VETERINAIRE, ALIMENTAIRE ET
 PHYTO SANITAIRE

à importer dans un délai de 6 mois les végétaux ou produits végétaux suivants :
to import within a six month period the following plants ou plants products :

N° : 7777

Nom des produits, Nom botanique des plantes <i>Name of produce, botanical name of plants</i>	Nombre de colis ou plantes <i>Number of packages or plants</i>	Poids (kg) <i>Weight (kg)</i>	Pays d'origine <i>Country of origin</i>	Nom et adresse de l'expéditeur <i>Name and address of exporter</i>
Semences de graminées Roseaux commun (Phragmites australis / communs)		1	France France	AQUATIC ' Bezançon La, Follaine 37310 AZAY aux INDRE France
Moyen de transport déclaré : <i>Declared mean of conveyance :</i>	Avion Envoi Postal Aircraft		Point d'entrée déclaré : <i>Declared point of entry :</i>	Tontouta

Certificat de germination et de pureté sollicité.
Germination and purity certificate required .

Les plantes ou produits végétaux seront accompagnés d'un certificat phytosanitaire du pays d'origine (OUI).
The plants and the plant products shall be covered by a phytosanitary certificate from the country of origin (YES).
 Les colis ne contiendront ni terre, ni feuilles, ni compost ou autre matière organique prohibée.
Packages will not contain litter, earth and leaves, compost or any other prohibited organic material.

Déclaration additionnelle.
Additional declaration

TRAITEMENT DE DESINFESTATION ET / OU DE DESINFECTION
Desinfestation and / or disinfection treatment

Traitement : Insecticide
 par : Poudrage ou Fumigation
Treatment : Insecticide
 By : Dusting or fumigation

Produit utilisé (matière active) <i>Chemical used (active ingredient)</i>	Concentration <i>Concentration</i>	Durée <i>Duration</i>	Température <i>Temperature</i>
Au choix du service officiel			

Lieu de délivrance : Nourméa
Place of issue :

Date / Date : 26/10/2001

Nom et signature du fonctionnaire autorisé :
Name and signature of authorised officer :

Cachet de l'organisation :
Stamp

Albert Waneille
 Attaché Principal Officiel



1 Nom et adresse de l'expéditeur

3 Nom et adresse déclarés du destinataire
Société Calédonienne de Eau
Pierre BERNIS
BP 812
98 845 NOUMEA Cédex
NOUVELLE CALÉDONIE

6 Moyen de transport déclaré
Colis Postal aérien

7 Point d'entrée déclaré
Service des Colis Postaux

8 Marques des colis; nombre et nature des colis, nom du produit; nom botanique des végétaux

Semences de Phragmites

9 Quantité déclarée
0,050 kg.

2

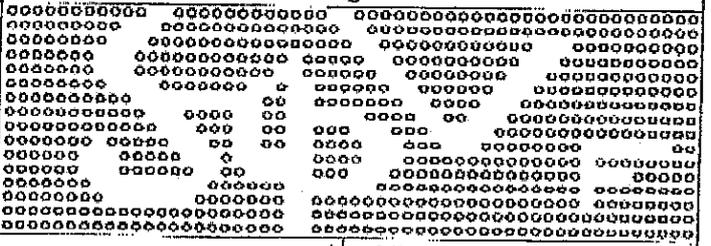
CERTIFICAT PHYTOSANITAIRE

N° CE/F/ 0 1 C E 2 7 9 2

4 Organisation de la protection des végétaux de France

à Organisation(s) de la protection des végétaux de
Nouvelle Calédonie

5 Lieu d'origine:
Allemagne



10 Il est certifié que les végétaux ou produit végétaux décrits ci-dessus
- ont été inspectés suivant des procédures adaptées, et
- estimés exempts d'ennemis visés par la réglementation phytosanitaire et pratiquement exempts d'autres ennemis dangereux, et
- sont jugés conformes à la réglementation phytosanitaire en vigueur dans le pays importateur.

11 Déclaration supplémentaire
Pureté spécifique 99 %
Taux germination 80 %

TRAITEMENT DE DÉSINFESTATION ET/OU DE DÉSINFECTION

12 Traitement

13 Produit chimique (manière active) 14 Durée et température

15 Concentration 16 Date

17 Renseignements complémentaires

L'aimer vide

Lieu de délivrance *o ruyhi*

Date *o ruyhi*

Nom et signature du fonctionnaire autorisé

L'Ingénieur d'Agronomie
J. Venaille
Jacques VENAILLE



ANNEXE 16

Traitement et valorisation des boues par lits plantés de roseaux : bilans des réalisations françaises et danoises et perspectives d'avenir (Publié en 2006)

Traitement et valorisation des boues par lits plantés de roseaux : bilans des réalisations françaises et danoises et perspectives d'avenir

Alain Liénard, Stéphane Troesch, Pascal Molle
Cemagref
Unité de recherche Qualité des eaux et prévention des pollutions
3bis, Quai Chauveau
CP 220, 69336-LYON Cedex 09

Le traitement des boues activées (BA) excédentaires par lits de séchage plantés de roseaux est pratiqué en France depuis plus de 10 ans.

Cette technique des lits de séchage plantés de roseaux a été initialement développée en Allemagne, au Danemark, aux Etats-Unis et elle est apparue en France au début des années 90 suite à des recherches conduites par le Cemagref à la demande de la SAUR.

Cependant, les performances obtenues en France ne sont guère satisfaisantes par rapport à celles escomptées et obtenues sur le même type de station au Danemark par exemple (où existent des stations de tailles sensiblement plus importantes, dont une qui traite 2 200 tonnes de MS par an de boues de diverses provenances, pour une population estimée à 120 000 équivalents-habitants [EH]) pour lesquelles des siccités de plus de 30 à 40 % ont été publiées.

Aussi, de nouvelles orientations tant au niveau du dimensionnement, de la conception des lits et de leur gestion sont à entrevoir et font actuellement l'objet de recherches au Cemagref.

1) Historique du développement du procédé en France.

Les lits de séchage non plantés ont été utilisés pendant de nombreuses années pour la déshydratation des boues. Aujourd'hui, leur utilisation est limitée car leurs performances souffrent des conditions météorologiques en hiver et leur gestion impose d'importantes contraintes d'exploitation puisqu'il faut enlever systématiquement les boues déshydratées et régaler la couche superficielle de sable avant de réaliser un nouvel apport de 50 à 60 cm de boues fraîches pour un nouveau cycle de déshydratation.

Aussi, dans les années 60-70, afin de prévenir les lits de séchage du colmatage, les allemands Seidel et Kickuth y plantèrent des roseaux. En France, des expérimentations menées sur trois pilotes de 20 m² chacun (Liénard et al., 1990) ont permis d'établir les premières bases de dimensionnement. Ces bases de dimensionnement ont relativement peu évolué au cours du développement de la technique initié par la SAUR dans le courant des années 90, puis copié ensuite par de nombreux autres constructeurs.

Aujourd'hui, en raison de la possibilité de stockage des boues pour une période initiale d'environ 5 ans et d'un relatif engouement pour les systèmes impliquant des végétaux, le procédé intéresse un nombre croissant de collectivités. On peut compter plus de 200 stations équipées de « lits de séchage plantés » actuellement en France dont la plus importante en taille est vraisemblablement celle de Honfleur (26 000 EH).

De même, face à la problématique de la gestion des matières de vidange, ce procédé a également été adapté pour ce sous-produit du traitement des eaux usées de l'assainissement non collectif (Liénard *et al.*, 1996) ainsi qu'au traitement de boues primaires régulièrement extraites en tête d'une lagune naturelle (Torrens *et al.*, 2006).

2) Avantages du procédé

Même dans un contexte où des marges de progrès restent à réaliser (obtention de meilleures siccités et minéralisation), cette filière de gestion des boues secondaires présente des critères techniques et financiers intéressants qu'il importe de ne pas perdre en améliorant son efficacité :

- soutirages réguliers des boues du bassin d'aération,
- excellent taux de capture avec des percolats peu chargés et non septiques,
- absence de nuisances olfactives,
- accumulation et stockage pendant 5 à 10 ans selon le nombre de lits et le taux de charge de la station,
- séchage, minéralisation et donc réduction du volume des boues,
- coûts de gestion faibles,
- relativement bonne intégration paysagère quand les lits sont partiellement enterrés ou que les parois sont construites en déblais-remblais et végétalisées.

3) Principe de fonctionnement, mécanismes en jeu

Le principe de séchage des boues sur lits plantés de roseaux repose sur la mise en place d'un massif filtrant reconstitué, de granulométrie croissante de la surface vers le fond et drainé, sur lequel des boues sont disposées et dans lequel des macrophytes se développent.

Autour de chaque tige de roseaux, il existe en permanence un anneau libre pour le passage de l'eau interstitielle de la liqueur mixte d'une boue activée alors que les MES (le floc) sont retenues en surface et s'accumulent progressivement. Dès lors qu'elle peut s'écouler le long des tiges, rhizomes et racines des roseaux, l'eau interstitielle va percoler au sein du massif pour être drainée à sa base et renvoyée en tête de station.

Le bon fonctionnement du procédé repose donc sur un développement dense des roseaux de manière à ce que l'eau puisse être évacuée en permanence et en tous points dans les lits. En été, les roseaux vont aussi accélérer la déshydratation par évapotranspiration.

Pour obtenir ces résultats, il est nécessaire de maintenir des conditions aérobies également propices à la minéralisation de la matière organique accumulée.

a) La filtration et les roseaux

La filtration des MES est assurée par la mise en place de matériaux de granulométrie adaptée pour retenir le maximum de matière organique à la surface des lits et éviter une pénétration excessive de particules au sein même du massif filtrant. Le colmatage de ce dernier nuirait au ressuyage et créerait des conditions anaérobies néfastes pour le développement des roseaux qui ne peuvent absorber les sels minéraux, nécessaires à leur croissance, que sous forme oxydée.

Pour limiter les coûts d'investissement, on vise à réduire les surfaces et à apporter la charge de boues la plus importante possible, ces dernières sont très organiques (teneurs en matières volatiles de l'ordre de 70 %) et fermentescibles. Les risques liés à un surdosage ou à une gestion approximative ne peuvent être ignorés, surtout en saison hivernale. Cette période est évidemment la plus délicate pour de multiples raisons :

- elle est peu propice au ressuyage (les précipitations peuvent être importantes et le gel bloque l'eau sous forme de glace ce qui empêche son écoulement),
- la partie aérienne des roseaux est flétrie et la continuité du ressuyage par la persistance d'un anneau libre à l'écoulement n'est donc pas assurée (les tiges sont couchées et l'effet de réalésage par les oscillations dues au vent sont minimales, voire absentes),
- enfin toute activité biologique est ralentie.

Si la partie aérienne des roseaux est flétrie, leur système racinaire est encore actif et il convient de le maintenir dans des conditions adaptées à la reprise de la croissance au printemps.

Il faut éviter une accumulation de boues trop importante que ne pourraient percer les jeunes pousses émises depuis les nœuds des rhizomes.

Pendant toute la traversée du stock de boues, avant qu'elles émergent à l'air et puissent démarrer leur activité photosynthétique, les pousses vivent sur les réserves accumulées par le système racinaire. En hiver, les racines doivent donc continuer à puiser leur nourriture, ce qui passe nécessairement par le maintien de conditions aérobies, au moins dans la couche drainante, d'où l'utilité de connecter cette dernière à l'atmosphère par des cheminées d'aération.

b) La minéralisation de la matière organique

La hauteur de boue accumulée doit être supérieure à un mètre pour espacer autant que faire se peut les vidanges. Il faut que les racines et rhizomes la colonisent et ne restent pas cantonnés aux seules couches drainantes du fond des lits (on comprend assez vite que chaque printemps, de nouvelles pousses ne pourraient repartir de la base du filtre après plusieurs années de stockage). Comme entrevu précédemment, il importe que la dégradation de la matière organique présente dans le stock de boue soit également aussi aérobie que possible pour permettre la minéralisation de celle-ci et la bonne croissance des roseaux.

Le volume de boues amené à chaque alimentation, la fréquence d'alimentation et la gestion des périodes de repos sont aussi des facteurs importants qui influent sur les cinétiques de minéralisation et le maintien de conditions aérobies propices à la croissance des roseaux.

Les percolats drainés par le réseau de drains au fond des lits sont renvoyés en tête de station d'épuration et il importe aussi qu'ils ne soient pas septiques pour ne pas favoriser le développement de certaines bactéries filamenteuses qui nuiraient au fonctionnement général de la station, et particulièrement à la clarification.

Enfin, la minéralisation, qui se traduit idéalement par des rejets d'eau, de sels minéraux dissous et de gaz carbonique, contribue également à la limitation du volume de boues à extraire et/ou à l'allongement d'un cycle de fonctionnement avant vidange.

4) Règles de dimensionnement et de gestion des lits conseillées

a) La conception et le dimensionnement des lits se fondent sur les points suivants :

- **Charge surfacique** : Après une période d'un an (deuxième période végétative) à demi charge ($25 \text{ kg.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$) pour assurer une bonne croissance de roseaux, les lits sont alimentés à une charge de $50 \text{ kg.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$, soit $140 \text{ de MES.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$. Pour une station à boues activées en aération prolongée, si l'on admet une production spécifique de $35 \text{ g de MS.EH}^{-1}.\text{j}^{-1}$, cela correspond à une surface utile de 4 EH.m^{-2} (une telle surface est supérieure à celle des lits de séchage [traditionnels, non plantés] qui est généralement de 5 EH.m^{-2}), mais il est néanmoins plus sûr de dimensionner les lits sur la production totale de boue et la charge de $50 \text{ kg.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$.

Le calcul de la production de boue doit être aussi précis que possible (inclure par exemple, la surproduction de boue induite par une éventuelle déphosphatation physico-chimique ou le dépotage de matières de vidange), mais les connaissances actuelles, encore limitées en France, ne permettent pas de différencier les types de boues ou de stations (boues activées en aération prolongée ou lit bactérien, par exemple).

Des charges surfaciques plus élevées réduisent les capacités de séchage et de renouvellement de l'oxygène et vont donc nuire au bon développement des roseaux. De surcroît, le temps de

stockage sera réduit et il faudra augmenter la fréquence de vidange et, in fine, les coûts d'exploitation. Ce que l'on peut escompter gagner d'un côté sera assurément perdu de l'autre, avec un risque de dysfonctionnement.

- **Nombre de lits** : La nécessité de mettre en place des périodes d'alimentation et de repos afin de minéraliser progressivement les dépôts accumulés résulte en une mise en place de plusieurs lits. Plus le nombre de lits sera élevé, plus la flexibilité sur le traitement et les performances de minéralisation et séchage seront élevées. Le nombre strictement minimal de lits à mettre en œuvre est de 4 (Liénard, 1999). Toutefois, dans ces conditions et à la charge nominale, la siccité des boues stockées ne pourra vraisemblablement pas excéder 15-20 % de matières sèche (contre 30-40 % annoncés par les constructeurs), ce qui représente, avec une revanche utile de 1,5 m au-dessus des couches filtrantes, une capacité d'accumulation de 5 ans.
- **Période de fonctionnement** : Afin d'éviter une surcharge organique et de permettre un bon développement des végétaux, les apports sont divisés par 2 lors de la première voire deuxième année de fonctionnement. Ensuite, les lits peuvent être alimentés à charge nominale pendant une période d'au moins 5 ans et plus suivant la hauteur de revanche, le nombre de lits mis en œuvre et le climat. L'expérience Danoise montre qu'une hauteur de revanche de 1,7 m et un fonctionnement sur 8 lits permet un stockage de 8 à 12 ans (Nielsen, 2002).
- **Conception des lits** : Les lits sont composés d'un massif filtrant étanche constitué de différentes couches de matériaux de granulométries diverses qui reposent sur un radier (cf. figure 1). Du bas vers le haut :
 - Couche de galets (15/30 mm – 30/60 mm) sur environ 15cm recevant également les drains d'aération.
 - Couche de transition (10 cm) d'une taille de particules intermédiaire (rattrapant la pente du radier) ou utilisation d'une géogrille.
 - Couche de gravier (4/8 mm) sur 20-30cm. Dans tous les cas, ce gravier doit être supérieur à du 2/5mm.
 - 5 cm de sable grossier ($d_{10} > 0,35\text{mm}$), pour retenir les particules des premières alimentations, à la surface.
- Une **pente** d'environ 0,5 % est nécessaire en fond de massif pour drainer correctement les percolats.
- Des roseaux *Phragmites communis* ou *australis*, sont plantés à une densité de 4 pieds par m^2 (1 plantule tous les 50 cm dans les 2 directions) sur le massif qu'ils colonisent progressivement avec d'autres tiges tout en développant un réseau complexe de racines et rhizomes. La période de plantation privilégiée est comprise entre avril et septembre.
- La couche drainante est mise en contact avec l'atmosphère via des cheminées **d'aération** afin que l'oxygène diffuse dans les interstices du milieu granulaire optimisant les nécessaires conditions de fonctionnement aérobie.
- **Système d'alimentation** : Les boues provenant directement du bassin aéré (produit homogène et parfaitement représentatif du taux de boue dans la station), après une séquence d'aération/homogénéisation (pompées loin de l'entrée des effluents dans le bassin d'aération et loin du retour de la recirculation), sont épandues en surface du lit en service, à raison d'une à deux séquences par jour. Le dispositif d'alimentation doit permettre une bonne distribution des boues sur la totalité du lit en service. Pour ce faire les pompes doivent absolument délivrer un débit supérieur à $0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$. Pour ce débit d'alimentation minimal, il convient vraisemblablement de mettre en place un point pour 20 à 25 m^2 de surface de filtre, chacun des points étant équipé d'une plaque défectrice pour améliorer la répartition des boues et éviter les affouillements. Des débits

supérieurs permettent de couvrir de façon homogène des surfaces plus grandes mais il n'existe pas encore d'abaques pour codifier cet aspect.

En l'état actuel des connaissances, le dimensionnement appliqué en France (Liénard, 1999), sans distinctions géographiques (ce qui est vraisemblablement perfectible), est similaire à celui pratiqué au Danemark (Nielsen, 2003), malgré des conditions climatiques différentes.

Figure 1 : Coupe schématique d'un lit de séchage planté de roseaux avec construction en béton

b) Gestion

Des phases de repos sont essentielles à la fiabilité du système à la fois pour que :

- La siccité de la boue augmente, par simple ressuyage en hiver, auquel s'ajoute l'évapotranspiration dès que la partie aérienne des plantes se développe.
- L'oxygène puisse aussi pénétrer depuis la surface, dans la masse de boue, via des fentes de retrait qui se créent quand le produit se déshydrate, en plus des espaces libres autour des tiges.
- La minéralisation soit exclusivement aérobie, garantissant un stockage du produit sans dommage pour les roseaux eux-mêmes et l'environnement immédiat (odeurs), tout en minimisant l'accroissement de la hauteur du stock de boue.

Dans une configuration à 4 lits, le cycle d'alimentation sera d'une semaine de chargement suivi de trois semaines de repos. Il est conseillé d'allonger le cycle d'alimentation (2 semaines d'alimentation et 6 semaines de repos) pour obtenir de meilleures siccités dès lors que le stock de boues accumulé limite les risques de carence hydrique des plantes en saison estivale.

La mise au repos prolongée d'un lit, avant curage, permet bien sûr d'accroître les objectifs de siccité des boues (voir le chapitre "expérience danoise"). Les siccités obtenues seront évidemment meilleures si le curage est réalisé en été.

Enfin, lors du curage, une dizaine de centimètres de boue résiduelle est volontairement laissée au fond des ouvrages pour faciliter la repousse à partir des rhizomes restés en place. Cela

maintient une humidité suffisante pour les roseaux et on ne risque pas de déstabiliser les couches drainantes sous-jacentes avec l'outil de curage.

5) Situation actuelle en France et retour d'expérience

Une étude réalisée par Lesavre *et al.* (2002) sur un échantillon représentatif des stations de déshydratation de boues par lits de séchage plantés (capacité entre 200 et 12 000EH) a permis de dégager une image de l'état actuel du parc français, des règles de dimensionnement utilisées ainsi que des performances obtenues. Les principaux points en sont résumés ci-dessous :

a) Dimensionnement (tendances sur 120 stations)

Surface totale et hauteur des lits : Les lits sont dimensionnés (surface et hauteur de revanche) selon le volume de boues à stocker (calculé sur la quantité de matière sèche produite par la station), la siccité finale escomptée du produit et la durée de stockage selon les hypothèses suivantes :

- Production de 40gMS/j.EH (15kgMS/an.EH)
- 5 années de stockage des boues avec une siccité de 20%,
 - 5EH/m² (75kgMS/m².an) pour 2m de revanche
 - 4EH/m² (60kgMS/m².an) pour 1,5m de revanche

Nombre de lits : Le nombre de lits varie de 1 à 16 par station. Ce nombre évolue selon la capacité de traitement de la station d'épuration mais on note que la majorité en comporte quatre (Figure 2).

Aujourd'hui, dans le but d'accroître les performances, la plupart des constructeurs recommandent un minimum de 6 lits, même pour des stations de 1000EH.

Toutefois, dans un souci d'économie à l'investissement pour gagner des marchés, quelques constructeurs proposent également des dimensionnements à nombre de lits réduit (moins de 4), tout en garantissant des siccités de l'ordre de 30 % qui ne pourront être atteintes.

Figure 2 : Nombre de lits en fonction de la capacité de la station (données SAUR)

Surface spécifique : La surface moyenne des lits est de 100m². La plupart des lits recensés ont une surface comprises entre 60 et 120 m².

Une installation d'une capacité de 13 000EH avec huit lits de séchage plantés peut avoir une surface unitaire de lit jusqu'à 500m². S'ils sont réalisés en déblais-remblais, l'engin de curage

devra, à l'instar de ce qui se pratique au Danemark, pénétrer dans les ouvrages, sans endommager la géomembrane d'étanchéification.

La **pente au fonds des lits** doit être suffisante pour permettre l'évacuation des eaux infiltrées. Celle-ci varie entre 0,5 et 2% selon les constructeurs.

Pour faciliter les opérations de curage à l'aide d'une pelle mécanique, **la largeur des lits** est souvent limitée à 6 mètres (le recours à des pelles munies de longues flèches est économiquement réducteur). La longueur est ensuite adaptée en fonction de la surface requise.

Conception des casiers : La plupart des lits de séchage plantés sont hors sol. Ceux-ci peuvent également être semi ou totalement enterrés.

Les parois sont habituellement réalisées en béton, mais peuvent également être conçues en déblais-remblais et étanchéifiées avec une géomembrane. Ce dernier mode de conception, bien développé au Danemark, l'est encore peu en France.

Les **matériaux de filtration** présentent généralement des granulométries correctes et sans fines (éléments < 80µm) en quantité excessive.

L'aération passive de la couche de drainage, réalisée par des drains (ou un plancher drainant), connectée à l'atmosphère, est conseillée par les constructeurs pour limiter le développement de zones anaérobies dans la couche de boue même si l'efficacité de cette aération passive n'a pas été démontrée.

Macrophytes utilisés : En raison de sa résistance, *Phragmites communis* est l'espèce principalement utilisée pour ce type de procédé.

Mais certains entrepreneurs proposent ou testent des lits de séchage plantés avec *Phalaris arundinacea* (faux roseau ou "ruban de bergère"), *Scirpus lacustris* (jonc des chaisiers), *Typha latifolia* (massette à larges feuilles) ou *Typha angustifolia* (massette à feuilles étroites).

Les débits d'alimentation des lits, pour permettre une bonne répartition des boues sur l'ensemble de la surface du filtre s'échelonnent entre 0,3 et 0,6 m³.m⁻².h⁻¹. Ils sont donc supérieurs à la recommandation minimale formulée par le Cemagref (0,25 m³.m⁻².h⁻¹), ce qui est positif.

Les points d'alimentation se situent plus généralement le long des lits et plus rarement au centre. La position des points d'alimentation dépend fortement de la taille et de la géométrie des unités. Les entreprises proposent habituellement un point d'alimentation pour environ 50 m². En-dessous des points d'alimentation est positionnée une plaque déflectrice qui améliore la distribution des boues.

b) Performances

Les **siccités** moyennes de 27 lits mesurées sur 12 stations (capacités comprises entre 100 et 2 000EH) se situent entre 7 et 23%. La siccité moyenne est de 13%. Cependant, ces résultats dépendent fortement de l'historique d'alimentation des lits et des conditions météorologiques qui jouent une part prédominante dans la déshydratation.

Concernant la **minéralisation** des boues, on peut observer un gain de 10 à 15% sur le taux en matières volatiles en suspension (MVS) en fin de traitement.

c) Réutilisation du produit final

La destination normale des boues est l'épandage sur terrains agricoles à des doses établies en fonction des textes réglementaires et selon un plan d'épandage.

En l'état actuel des connaissances, tout risque de repousse des sections de rhizomes, même broyées par les engins d'épandage, ne saurait être écarté. Cependant des essais réalisés par le Service de la Qualité de l'Eau du Conseil Général du Loir et Cher à l'occasion de curages des stations de Cellettes et Onzain en juillet 2004 ont montré qu'aucune repousse n'était intervenue pour un épandage réalisé sur terrain sec et en période chaude prolongée.

Les conclusions sont plus nuancées dans un rapport de l'IRH qui a suivi les opérations de curage et d'épandage des boues de la station de la Baconnière (53) après vidange le 28/08/2002, mais les parcelles d'épandage avaient des sols hydromorphes. L'occurrence de repousses est cependant faible étant donné que 25 cas ont été observés sur les 7,5 ha de parcelles ayant reçu des boues. La grande majorité des cas de repousse intervient lorsque les boues sont enfouies peu après l'épandage. Un délai d'attente de 5 jours sur une des parcelles a permis de limiter la repousse à un seul pied sur 1,8 ha qui a reçu 2,57 t de MS à 19,8 % de siccité.

En conséquence, il est vivement conseillé de ne jamais épandre les boues sur des terrains humides et susceptibles de le rester après l'épandage et, dans l'attente de consignes plus claires, on prendra la précaution de laisser les boues et les morceaux de roseaux qu'elles contiennent au soleil, pendant au moins trois jours avant travail du sol. Il convient donc de demander une mesure dérogatoire au règlement sanitaire départemental, qui impose normalement l'enfouissement sous 24 heures.

d) Coût d'une station de lits de séchage plantés

i) Investissement :

Le coût d'investissement déterminé sur 18 stations de lits plantés se situe entre 150 €/m² et 450 €/m². Ce qui conduit, selon les critères de dimensionnement, à un coût spécifique compris entre 28 €/EH et 110 €/EH.

Le coût d'investissement d'un lit de séchage planté de roseaux est similaire à celui d'un silo de stockage de boues liquides.

ii) Exploitation

Les coûts d'exploitation se résument uniquement à l'extraction des boues lors de la phase de curage par un engin de type tracto-pelle (ou pelleteuse avec une flèche plus ou moins grande selon la configuration des lits), le transport et le type de destination des boues déshydratées.

Par exemple, le coût d'une opération de curage suivi d'un épandage sur terre agricole de 84m³ de boues, réalisé en 1998 sur la première station à lits plantés française, est revenu à 1540 €, soit 18 €/m³.

Les coûts observés à Onzain et Cellettes ses sont établis respectivement à 14,30 et 28,10 € TTC/m³ (avec le broyage préalable de la partie aérienne des roseaux pour améliorer la visibilité du travail de la pelle, dans ce dernier cas).

6) L'expérience danoise

L'expérience danoise, datant de plus de 15 ans, montre que le dimensionnement, la construction et la gestion des lits de séchage plantés, assurés correctement, permettent des périodes de fonctionnement de l'ordre de 10 ans, une déshydratation efficace par drainage et

évapotranspiration de l'eau (jusqu'à 40% de siccité) ainsi qu'une bonne décomposition de la matière organique (Nielsen ; 2002, 2005a).

L'analyse des concentrations en **pathogènes** dans la boue résiduelle (accumulation sur 1,20 m) d'une station danoise à 10 lits de séchage alimentée à une charge spécifique de 52 kg MS/m².an, après une phase de repos de 3-4 mois, montre un abattement de 6-7 unités log (Nielsen, 2005).

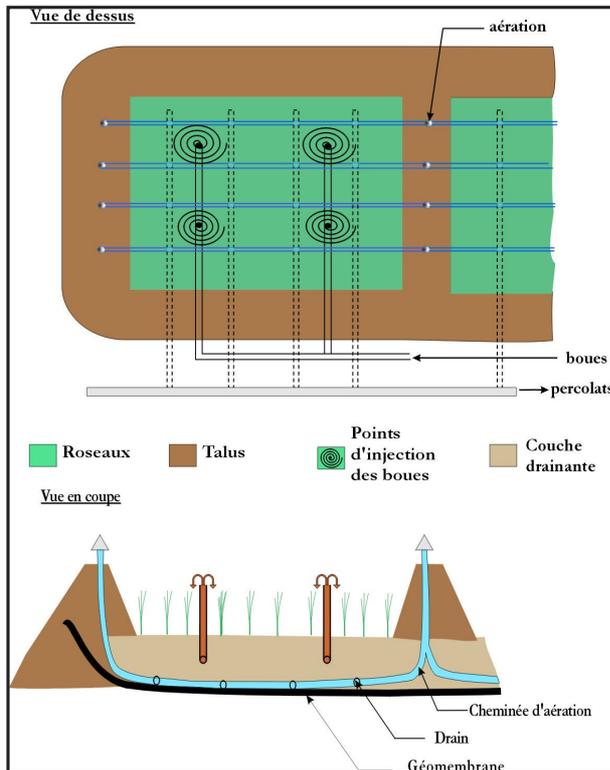


Figure 3 : Représentation schématique des lits de séchage construits au Danemark

Le dimensionnement et la construction d'une station par lits de séchage plantés de roseaux doit s'appuyer sur la qualité de la boue, la prise en compte des conditions climatiques, la composition de la première couche de filtration et le flux annuel de boues produites par la station d'épuration en tonnes de MS.

Expérience Danoise	Comparaison France
Charge surfacique: 60 kgMS.m ² .an ⁻¹ pour BA et 50 kgMS.m ² .an ⁻¹ pour Boues Digérées	Charge équivalente
60 à 70 ouvrages possèdent entre 1 à 7 lits, nombre jugé aujourd'hui insuffisant : 8 lits = un minimum	Nombre de lits très insuffisant (moyenne de 4)
Dans ces conditions de ressuyage, obtention d'une siccité de 20% et 40% si repos prolongé et évapotranspiration.	Siccité plus faible (15%)

Tableau 1 : Comparatif Danemark/France

Nielsen (2002, 2005a) a publié des bases de dimensionnement dont les principales recommandations sont résumées ci-après :

- Une période fonctionnement d'au moins 8 ans (en incluant la période de démarrage) avant la vidange du premier lit.
- Un cycle de 4 ans, par exemple, pour vidanger tous les lits.
- La capacité de traitement de l'installation doit être maintenue lors des cycles de vidange.
- La repousse des roseaux doit se faire sans replantation.

Les problèmes de fonctionnement des lits sont principalement dus à un mauvais dimensionnement et à un nombre de lits inadéquat. Ces problèmes sont couramment associés à des surcharges lors de la période de démarrage ou à des ratios entre périodes d'alimentation et de repos dans chaque lit, inadéquats au regard du type de boue et son aptitude à se ressuyer.

Une installation ne comportant que 4 à 6 lits ne permet pas d'étendre les périodes de repos sans compromettre le bon fonctionnement par des périodes d'alimentation excessivement

longues et chargées qui résultent en une couche de boues jeune, trop épaisse pour se ressuyer rapidement et qui s'accumule donc trop vite.

En revanche, un nombre élevé de lits (8 ou plus) permet également plus de souplesse en gestion, le(s) lit(s) qui est(ont) programmé(s) pour une prochaine vidange (nécessairement estivale) peut être mis au repos pour une période prolongée (en été, les autres peuvent supporter un surcroît momentané de charge) et, l'évapotranspiration étant à l'œuvre, la siccité augmente nécessairement.

Une telle procédure doit s'intégrer dans une stratégie de gestion prévisionnelle pour prévoir quel lit on vidangera en priorité (ce peut être par exemple, celui qui présente la meilleure densité de colonisation dans la 2ème année suivant la plantation). Si au début du fonctionnement, on essaie d'adapter les apports sur l'ensemble des lits à une fréquence qui ne mette pas en péril le développement des roseaux par stress hydrique, on peut ensuite prévoir le(s) lit(s) à vidanger en premier et ceux à surcharger de 20 à 30 % pendant les périodes estivales sans risque de préjudice.

Les autres auront donc une marge de réserve qui sera mise à profit :

- pendant l'arrêt de l'alimentation des lits à vidanger pour exacerber les pertes par évapotranspiration,
- pendant la phase de repousse des roseaux après extraction des boues entre mi-juillet et mi-août.

7) Champs d'investigations

L'optimisation du dimensionnement et de la gestion des lits fait actuellement l'objet de recherches qui portent sur les points suivants :

- Le nombre adéquat de lits à mettre en œuvre.
- Les charges surfaciques admissibles en fonction de la saison et du type de boues.
- L'optimisation de l'aération passive de la couche drainante connectée à l'atmosphère par des cheminées d'aération (actuellement, personne ne sait dimensionner et concevoir sur des bases scientifiques un réseau de canalisations/cheminées à installer).

A ces considérations s'ajoute également l'adaptation du procédé à différents types de boues :

- Les boues primaires (Torrens *et al.*, 2006) ou mixtes (primaires + secondaires).
- Le traitement spécifique des matières de vidange (MV) issues des fosses septiques (ou toutes eaux) de l'assainissement non collectif qui devient une préoccupation grandissante des collectivités.

Les recherches devront notamment se focaliser sur la granulométrie de la couche drainante superficielle en fonction du type de boues (les boues issues d'une BA sont floclées, alors que les matières de vidange issues de fosses septiques ne le sont pas et la rétention des fines particules est plus difficile sans risquer de colmatage avec un matériau plus fin en surface).

S'ajoute aussi la problématique de la valorisation du produit final se rapprochant ou répondant à la norme NFU 44-095 relative aux composts contenant des matières d'intérêt agronomique, issues du traitement des eaux.

Références bibliographiques

Lesavre, J., Iwema, A., (2002). Dewatering of sludge coming from domestic wastewater treatment plant by planted sludge beds, Proceedings, 8th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Arusha, Tanzanie.

Liénard, A., Esser, D., Deguin, A., Virloget, F. (1990). Sludge dewatering and drying in reed beds : an interesting solution ? General investigation and first trials in France. In : *Constructed Wetlands in Water Pollution Control (Adv. Wat. Pollut. Control n°11)*. Ed. Cooper P.F. and Findlater B.C. Pergamon Press, United Kingdom, 183-192.

Liénard, A., Duchène, Ph., Gorini, D., (1995), A study of activated sludge dewatering in experimental reed-planted or unplanted sludge drying beds, Water Science and Technoly, Vol 33, n°3, pp 251-261.

Liénard, A. and Payraastre, F., (1996) Treatment of sludge from septic tanks in a reed-bed filters pilot plant, Proceedings, 5th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Vienne, Autriche, pp. 1-9.

Liénard, A., (1999). Déshydratation des boues par lits de séchage plantés de roseaux. Ingénieries-EAT, n°17, pp 33-45.

Nielsen, S., (2002), Sludge drying reed beds, Proceedings, 8th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Arusha, Tanzanie.

Nielsen, S, (2005a). Sludge Reed Bed Facilities – Operation ans Problems, Water Science and Technoly; Vol 35 n°9, pp 99-107.

Nielsen, S., Willoughby, N., (2005b) Sludge treatment in reed bed systems and recycling of sludge and environmental impact. Paper presented to 10th european Biosolids and Biowaste Conference, UK.

Torrens, A, Molle, P., Boutin, C., Salgot, M., (2006). Association of Stabilization Ponds and Intermittent Sand Filters: an appropriate wastewater treatment system for small communities. Proceedings, 7th International Conference on Small Water and Wastewater Systems, Mexico.

ANNEXE 17

Fiche technique du compresseur d'air

QUALITÉ INDUSTRIELLE Solutions individuelles
utilisant un système modulaire



Compresseurs industriels à pistons

Qu'attendez-vous d'un compresseur à pistons de qualité industrielle?

Ce qui compte, c'est la rentabilité – il en est ainsi des compresseurs à pistons comme de toutes autres machines utilisées dans l'industrie. Pour obtenir le meilleur rendement, un compresseur à pistons doit être parfaitement fiable, robuste, durable, ne nécessiter qu'un minimum d'entretien et présenter une grande flexibilité d'utilisation. Les compresseurs industriels à pistons KAESER satisfont pleinement à toutes ces exigences.

Les compresseurs industriels à pistons KAESER

offrent:

- un savoir-faire basé sur plus de 80 ans d'expérience en mécanique de haute précision
- des blocs compresseurs de qualité KAESER "Made in Germany" – contrôle de qualité détaillé, matériel d'excellente qualité et construction étudiée
- des débits élevés, une grande fiabilité, un entretien réduit et une longue durée de vie
- des moteurs d'entraînement à économie d'énergie de la classe de rendement conforme à la norme "EU eff2"
- des possibilités d'utilisation multiples pour toute application d'air comprimé
- des compresseurs parfaitement éprouvés, lubrifiés et à compression exempte d'huile.

Notre réponse innovatrice:

- Blocs compresseurs "Made in Germany"
- Moteurs robustes de la classe de rendement la plus haute
- Système modulaire
- Garantie de qualité



Fabrication 100% allemande

Pour nous, il s'agit pas d'un slogan, mais d'un engagement permanent: la rentabilité pour le client est notre première priorité. Dans le vaste centre de production de Coburg nouvellement construit pour nos compresseurs à pistons, nos blocs compression sont fabriqués avec un soin extrême, selon les derniers standards de production.

Même les équipements tels que pressostats, électrovannes, réservoirs d'air comprimé sont sélectionnés par nos soins, sui-

vant des critères de qualité les plus stricts. Des constructions modulaires sophistiquées où chaque détail trouve son utilité nous permettent d'offrir à nos clients des solutions parfaitement économiques pour chaque cas d'utilisation d'air comprimé,

Les compresseurs industriels à pistons KAESER sont synonymes de Qualité, Efficience et Minimum d'entretien.

Qualité dans la production

Usinage de précision

Un soin extrême, plus de 80 ans d'expérience en mécanique de haute précision et des technologies d'usinage les plus modernes sont garants du haut standard de qualité KAESER.



Travail méticuleux de montage de blocs

Le montage des blocs de compression requiert un grand savoir professionnel et une formation étendue. Nos techniciens sont parfaitement qualifiés pour ce travail.



Assemblage soigneux des appareils

Nous apportons un soin méticuleux à la production de nos blocs de compression et à l'assemblage final de nos appareils.



Contrôle minutieux

Avant de quitter l'usine, les compresseurs sont soumis à de nombreux essais. Lors de contrôles détaillés conformes à notre système MQ, tous les composants sont examinés "sous toutes les coutures".



La qualité dans le détail:

Cylindres de haute qualité

Un processus d'usinage spécial fde la paroi intérieure des cylindres permet d'obtenir une surface homogène de structure définie qui rend un rodage superflu. Grâce à ce processus, la mise en service ne conduit plus à une importante usure par frottement.



Clapets anti-corrosion en acier spécial

Les clapets sont réalisés en acier spécial traité anti corrosion. Les lamelles de clapet sont équipées d'un limiteur de course. La fermeture hermétique des clapets est ainsi assurée, un risque de calaminage exclu, ce qui garantit une longue durée de vie.



Made in Germany

Les blocs de compression KAESER sont réalisés à partir de matériaux de premier choix. Les pièces de construction sont usinées, contrôlées et assemblées avec le plus grand soin dans l'usine principale de Coburg. Il en résulte un bloc de compression de grande longévité, à rendement d'air élevé.



Moteur eff2 de grande robustesse

Moteurs électriques conformes à "EU eff2", ce qui signifie une consommation d'énergie réduite et des températures de service plus basses. Un atout supplémentaire en cas de températures ambiantes élevées. "EU eff2" est l'engagement volontaire des fabricants de moteurs européens à l'égard du rendement. Les moteurs Eff2 contribuent ainsi à une réduction des émissions de CO₂.



prêt pour le raccordement! Centrales de compression

- Technique de compresseur traditionnelle pourvue des toutes dernières nouveautés - Performance accrue
- choix entre modèles à 10 bar ou à 15 bar
- robuste et de grande longévité grâce à la petite vitesse de rotation
- prêt à fonctionner



Refroidissement efficace grâce aux culasses en alliage léger présentant une excellente dissipation de chaleur pour une plus longue durée de vie



Entraînement par courroies avec tendeur automatique des courroies de grande longévité, pratiquement sans entretien.

Made in Germany!



Caractéristiques techniques

Centrales de compression prêtes pour le raccordement	Centrales 10 bar, mono-étagées				Centrales 15 bar, bi-étagées			
	K 310-100	K 425-250	K 625-250	K 875-250	K 215-2-100	K 310-2-250	K 440-2-250	K 580-2-250
Volume engendré l/min	310	425	625	875	215	310	440	580
Débit réel ¹⁾								
à 6 bar	215	300	440	610	—	—	—	—
à 8 bar	200	275	405	570	—	—	—	—
à 12 bar	—	—	—	—	170	250	350	465
Capacité du réservoir l	90	250	250	250	90	250	250	250
Puissance moteur ²⁾ kW	1,5	2,2	3	4	1,5	2,2	3	4
Nombre de cylindres	2	2	2	2	2	2	2	2
Vitesse de rotation du compresseur 1/min	1020	1100	910	950	1140	880	960	920
Niveau sonore ³⁾ dB (A)	75	76	75	77	76	73	75	76
Longueur mm	1140	1560	1600	1600	1150	1610	1630	1630
Largeur mm	400	500	500	520	400	520	520	520
Hauteur mm	840	1050	1170	1160	880	1200	1170	1240
Poids kg	100	160	220	250	100	200	250	270
Mode de démarrage	Démarrage direct, avec mise à vide				Démarrage direct, avec mise à vide			
Protection moteur	avec relais de surcharge en standard				avec relais de surcharge en standard			
Plots en caoutchouc	en standard				en standard			

¹⁾ Débit réel mesuré selon fiche technique VDMA 4362 - ²⁾ Raccordement électrique: 400 V, 50 Hz, 3 Ph - ³⁾ Mesuré à 1 m de distance selon DIN 45635

10 à 35 bar!

Groupes moto-compresseurs

- idéal en tant que compresseur d'appoint ou lorsqu'un réservoir d'air comprimé est déjà installé
- pour des pressions de 10, 15 et 35 bar
- robuste et de grande longévité grâce à la petite vitesse de rotation



Refroidissement efficace grâce aux culasses en alliage léger présentant une excellente dissipation de chaleur pour une plus longue durée de vie



Accessoires
Kit "partie commande et accouplement" pour un raccordement aisé



K 1600-2-G/H35

K 425-G

K 580-2-G

Made in Germany!



Caractéristiques techniques

	Groupes 10 bar, mono-étagés				Groupes 15 bar, bi-étagés			
	K 310-G	K 425-G	K 625-G	K 875-G	K 215-2-G	K 310-2-G	K 440-2-G	K 580-2-G
Volume engendré l/min	310	425	625	875	215	310	440	580
Débit réel ¹⁾	à 6 bar	215	300	440	610	—	—	—
	à 8 bar	200	275	405	570	—	—	—
	à 12 bar	—	—	—	—	170	250	350
Puissance moteur ²⁾ kW	1,5	2,2	3	4	1,5	2,2	3	4
Nombre de cylindres	2	2	2	2	2	2	2	2
Vitesse de rotation du compresseur 1/min	1020	1100	910	950	1140	880	960	920
Niveau sonore ³⁾ dB (A)	75	76	75	77	76	73	75	76
Longueur mm	880	920	1070	1080	860	1070	1080	1480
Largeur mm	340	430	445	450	370	440	440	530
Hauteur mm	440	450	610	610	480	640	640	865
Poids kg	55	55	145	150	50	110	120	170

	Groupes 35 bar								
	K 175-2-G/H35	K 250-2-G/H35	K 350-2-G/H35	K 500-2-G/H35	K 700-2-G/H35	K 1000-2-G/H35	K 1300-2-G/H35	K 1600-2-G/H35	
Volume engendré l/min	175	250	350	500	700	1000	1300	1600	
Débit réel ¹⁾	à 12 bar	136	202	284	407	560	800	1150	1400
Puissance moteur ²⁾ kW	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	
Nombre de cylindres	2	2	2	2	2	2	3	3	
Vitesse de rotation du compresseur 1/min	910	710	760	760	810	1130	960	1160	
Niveau sonore ³⁾ dB (A)	75	72	74	76	80	81	83	84	
Longueur mm	890	1280	1290	1450	1470	1580		1620	
Largeur mm	380		490		590	820		870	
Hauteur mm	520	710	690		900	910		950	
Poids kg	60	140	155	220	235	325	315	470	
Démarrage automatique étoile-triangle ⁴⁾		inutile		Option	Option	Option	Option	Option	
Plots en caoutchouc		en standard							

¹⁾ Débit réel mesuré selon fiche technique VDMA 4362 – ²⁾ Raccordement électrique: 400 V, 50 Hz, 3 Ph – ³⁾ Mesuré à 1 m de distance selon DIN 45635

⁴⁾ Pour installation par utilisateur

Sécurité maximum!

Installations composées de deux compresseurs

- Construction particulièrement compacte de deux moto-compresseurs sur un réservoir d'air comprimé
- Fiabilité constante de l'alimentation en air comprimé même pendant les travaux d'entretien sur un moto-compresseur
- Pression maxi 10 bar
- Prêt à fonctionner
- Egalement livrable avec capot d'insonorisation (jusqu'à KCD 450-100)



KCD 350-100



Moto-compresseurs à entraînement

direct sur bloc compresseur; robuste et de grande longévité grâce à une petite vitesse de rotation de seulement 1500 tr/min



Deux pressostats

Démarrage à vide du compresseur sans contre-pression; pression d'enclenchement et d'arrêt réglables individuellement



Caractéristiques techniques

	Installation composée de deux compresseurs 10 bar											
	KCCD 130-100	KCCD 300-100	KCD 350-100	KCD 450-100	KCCD 130-350	KCCD 300-350	KCD 350-350	KCD 450-350	KCD 630-350	KCD 840-350		
Volume engendré	l/min		2x 130	2x 300	2x 350	2x 450	2x 130	2x 300	2x 350	2x 450	2x 630	2x 840
Débit réel ¹⁾	à 6 bar		2x 80	2x 175	2x 230	2x 300	2x 80	2x 175	2x 230	2x 300	2x 440	2x 590
	à 8 bar		2x 73	2x 155	2x 210	2x 280	2x 73	2x 155	2x 210	2x 280	2x 410	2x 544
Puissance moteur 2)	kW		0,75	1,5	2x 1,7	2x 2,4	0,75	1,5	2x 1,7	2x 2,4	2x 3	2x 4
Nombre de cylindres			2x 1	2x 1	2x 1	2x 2	2x 1	2x 1	2x 1	2x 2	2x 2	2x 2
Réservoir d'air comprimé	l		90	90	90	90	350	350	350	350	350	350
Niveau sonore 3)	dB (A)		78	80	79	80	78	80	79	80	79	81
Longueur	mm		1080		1110		1800					
Largeur	mm		380		490		600		660			
Hauteur	mm		760	790	830	780	1050	1100	1120	1100	1200	1210
Poids	kg		85	90	105	110	150	160	170	180	230	240
avec capot insonorisant	dB (A)		69	69	69	70	—	—	—	—	—	—
Mode de démarrage	Démarrage direct, avec mise à vide											
Protection moteur	avec relais de surcharge en standard											
Plots en caoutchouc	en standard											

¹⁾ Débit réel mesuré selon fiche technique VDMA 4362 – ²⁾ Raccordement électrique: 400 V, 50 Hz, 3 Ph –

³⁾ Mesuré à 1 m de distance selon DIN 45635 (avec les deux compresseurs en marche)

Sans nécessité d'entretien! Compresseurs non lubrifiés

- Construction compacte avec l'accouplement direct moteur d'entraînement et bloc compresseur
- Longévité élevée grâce aux pistons avec revêtement Teflon et à la petite vitesse de rotation (1500 tr/min)
- Réservoir d'air comprimé avec revêtement intérieur



Excellent refroidissement avec la ventilation double flux



Moto-compresseur à entraînement direct

KCT 401-250 St

 **Made in Germany!**



KCT 230-40

Caractéristiques techniques

	7 bar			10 bar, horizontal				10 bar, vertical			
	KCT 110-25	KCT 230-40	KCT 420-100	KCT 401-100	KCT 550-100	KCT 840-100	KCT 840-250	KCT 401-250 St	KCT 550-250 St	KCT 840-250 St	
Volume engendré l/min	110	230	420	400	550	840	840	400	550	840	
Débit réel ¹⁾	à 6 bar	60	125	265	275	365	575	575	275	365	575
	à 8 bar	—	—	—	250	345	525	525	250	345	525
Réservoir d'air comprimé ²⁾	l	24	40	90	90	90	250	250	250	250	
Puissance moteur kW	0,75	1,5 (2,4) ³⁾	2,4	2,4	3	4	4	2,4	3	4	
Nombre de cylindres	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	
Vitesse de rotation du compresseur 1/min	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	
Niveau sonore ⁴⁾	dB (A)	72	73	75	75	76	78	78	75	76	78
Longueur mm	660	820	1080	1080	1240	1240	1600	690	730	680	
Largeur mm	290	280	480	480	680	680	680	660	630	680	
Hauteur mm	660	700	900	900	1000	1160	1160	1770	1770	1920	
Poids kg	35	40	90	90	100	120	170	135	140	170	
Version avec capot insonorisant	Capot sur moto-compresseur			Capot sur moto-compresseur				Capot sur moto-compresseur			
Niveau sonore ⁴⁾	dB (A)	62	63	65	65	66	68	65	66	68	

¹⁾ Débit réel mesuré selon la norme VDMA-4362 – ²⁾ Réservoir d'air comprimé avec revêtement intérieur – ³⁾ Puissance effective nécessaire (puissance moteur maxi) ⁴⁾ mesuré à 1m de distance en champ libre selon DIN 45635.

Extrêmement silencieux!

Compresseurs non lubrifiés, insonorisés

- Compact, marche silencieuse grâce à l'insonorisation efficace
- Entraînement par courroies avec tendeur automatique des courroies – transmission toujours optimale
- Complet avec armoire électrique et carrosserie
- Prêt pour le raccordement



Armoire électrique, entièrement câblée, tableau de commande avec compteur horaire et commutateur-sélecteur de mode de fonctionnement



Refroidissement efficace grâce au tuyau de refroidissement final d'air comprimé en cuivre



Caractéristiques techniques

		AIRBOX non lubrifié 7 bar				
		AIRBOX 500 T	AIRBOX 700 T	AIRBOX 850 T	AIRBOX 1200 T	AIRBOX 1700 T
Volume engendré	l/min	500	700	850	1200	1700
Débit réel ¹⁾	à 6 bar	290	485	590	855	1190
Puissance moteur ²⁾	kW	3	4	5,5	7,5	11
Nombre de cylindres		2	2	2	2	3
Vitesse de rotation du compresseur	1/min	725	765	930	940	820
Niveau sonore ³⁾	dB (A)	66	67	68	68	69
Longueur	mm	680	680	680	895	895
Largeur	mm	670	670	670	905	905
Hauteur	mm	1005	1005	1005	1225	1225
Poids	kg	235	235	260	450	515
Mode de démarrage		Démarrage direct		démarrage étoile-triangle		
Câblage		en standard avec armoire électrique entièrement câblée				
Amortissement anti-vibratoire		en standard avec double amortissement antivibratoire				
Insonorisation		en standard avec carrosserie compacte insonorisée				

¹⁾ Débit réel mesuré selon fiche technique VDMA 4362 – ²⁾ Raccordement électrique: 400 V, 50 Hz, 3 Ph – ³⁾ Mesuré à 1 m de distance selon DIN 45635

Extrêmement silencieux!

Compresseurs non lubrifiés, insonorisés

- Compact, marche silencieuse grâce à l'insonorisation efficace
- Entraînement par courroies avec tendeur automatique des courroies – transmission toujours optimale
- Complet avec armoire électrique et carrosserie
- Prêt pour le raccordement



Armoire électrique, entièrement câblée, tableau de commande avec compteur horaire et commutateur-sélecteur de mode de fonctionnement



Refroidissement efficace grâce au tuyau de refroidissement final d'air comprimé en cuivre



Caractéristiques techniques

		AIRBOX non lubrifié 7 bar				
		AIRBOX 500 T	AIRBOX 700 T	AIRBOX 850 T	AIRBOX 1200 T	AIRBOX 1700 T
Volume engendré	l/min	500	700	850	1200	1700
Débit réel ¹⁾	à 6 bar	290	485	590	855	1190
Puissance moteur ²⁾	kW	3	4	5,5	7,5	11
Nombre de cylindres		2	2	2	2	3
Vitesse de rotation du compresseur	1/min	725	765	930	940	820
Niveau sonore ³⁾	dB (A)	66	67	68	68	69
Longueur	mm	680	680	680	895	895
Largeur	mm	670	670	670	905	905
Hauteur	mm	1005	1005	1005	1225	1225
Poids	kg	235	235	260	450	515
Mode de démarrage		Démarrage direct		démarrage étoile-triangle		
Câblage		en standard avec armoire électrique entièrement câblée				
Amortissement anti-vibratoire		en standard avec double amortissement antivibratoire				
Insonorisation		en standard avec carrosserie compacte insonorisée				

¹⁾ Débit réel mesuré selon fiche technique VDMA 4362 – ²⁾ Raccordement électrique: 400 V, 50 Hz, 3 Ph – ³⁾ Mesuré à 1 m de distance selon DIN 45635

Possibilités d'utilisation multiples



Brasseries

Les compresseurs industriels à pistons KAESER assurent la production fiable de l'air comprimé absolument propre dans les brasseries.



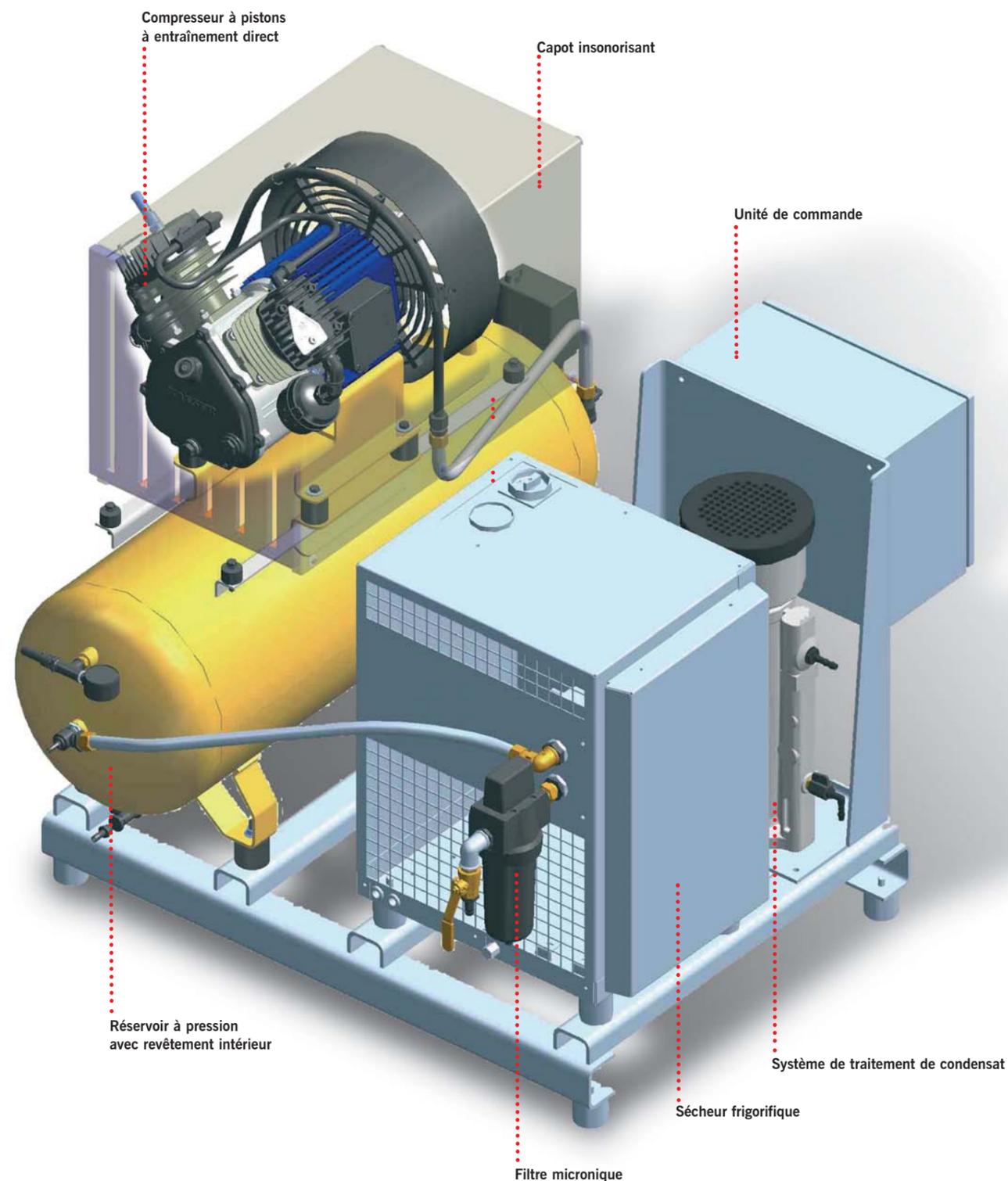
Canons à neige

Répartition uniforme de la neige sur les pistes de ski avec les compresseurs à pistons non lubrifiés KAESER.



Vignobles

Les ceps de vigne doivent être taillés régulièrement. L'air comprimé des compresseurs à pistons KAESER intervient également dans ce domaine.



Laboratoires

L'air de laboratoire doit répondre aux plus hautes exigences de pureté – aucun problème, pour les compresseurs KAESER.



Dispositifs d'extinction

Dans la lutte contre l'incendie, la plus grande fiabilité est de rigueur. Vous êtes en sécurité avec les compresseurs à pistons KAESER.



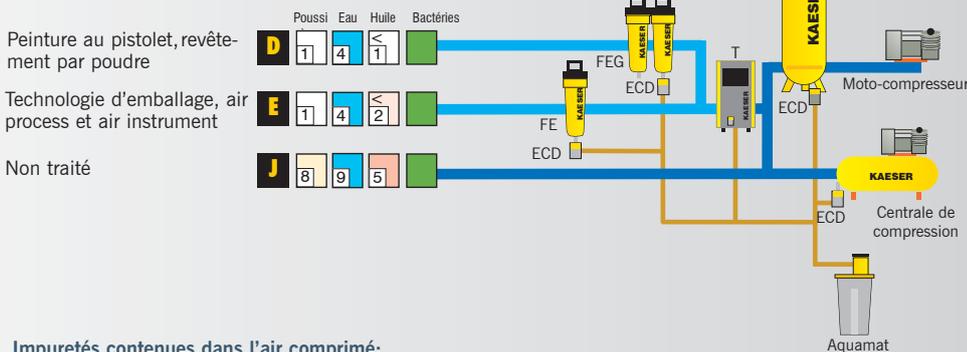
Imprimeries

L'air comprimé des compresseurs KAESER garantit la fiabilité et la rentabilité des processus de production.

Sélectionnez la qualité d'air comprimé correspondant à votre cas d'application:

Traitement de l'air comprimé par sécheur frigorifique (point de rosée +3 °C)

Exemples d'utilisation: Sélection du degré de traitement selon ISO 8573-1



Peinture au pistolet, revêtement par poudre

Poussi 1 4 Huile <1 Bactéries

Technologie d'emballage, air process et air instrument

E 1 4 <2

Non traité

J 8 9 5

Impuretés contenues dans l'air comprimé:

+	Poussières	-
+	Eau/Condensat	-
+	Huile	-
+	Bactéries	-

- A** Teneur résiduelle en vapeur d'huile $\leq 0,003 \text{ mg/m}^3$, exempt de particules $> 0,01 \mu\text{m}$, stérile, inodore, sans goût
- B** Teneur résiduelle en vapeur d'huile $\leq 0,003 \text{ mg/m}^3$, exempt de particules $> 0,01 \mu\text{m}$
- C** Teneur résiduelle en vapeur d'huile $\leq 0,003 \text{ mg/m}^3$, exempt de particules $> 1 \mu\text{m}$
- D** Aérosols $\leq 0,001 \text{ mg/m}^3$, exempt de particules $> 0,01 \mu\text{m}$
- E** Aérosols $\leq 0,01 \text{ mg/m}^3$, exempt de particules $> 0,01 \mu\text{m}$

- F** Aérosols $\leq 0,01 \text{ mg/m}^3$, exempt de particules $> 1 \mu\text{m}$
- G** Aérosols $\leq 1 \text{ mg/m}^3$, exempt de particules $> 1 \mu\text{m}$
- H** Aérosols $\leq 5 \text{ mg/m}^3$, exempt de particules $> 3 \mu\text{m}$
- I** Aérosols $\leq 5 \text{ mg/m}^3$, exempt de particules $> 1 \mu\text{m}$
- J** Non traité

Légende :

ECD = ECO DRAIN

purgeur de condensat électronique commandé par niveau

FB = Préfiltre 3 μm

pour séparer les gouttes d'eau et les particules solides $> 3 \mu\text{m}$, teneur résiduelle en huile $\leq 5 \text{ mg/m}^3$

FC = Préfiltre 1 μm

pour séparer les gouttes d'huile et les particules solides $> 1 \mu\text{m}$, teneur résiduelle en huile $\leq 1 \text{ mg/m}^3$

FE = Filtre micronique 0,01 ppm pour séparer les vapeurs d'huile et les particules solides $> 0,01 \mu\text{m}$, les aérosols $\leq 0,01 \text{ mg/m}^3$

FG = Filtre à charbon actif pour l'absorption d'huile dans la phase d'évaporation, teneur résiduelle en huile $\leq 0,003 \text{ mg/m}^3$

FEG = Filtre combiné

se composant d'un filtre micronique FE et d'un filtre à charbon actif FG

T = Sécheur frigorifique

pour le séchage de l'air comprimé, point de rosée +3 °C

Aquamat = Système de traitement de condensat

Degré de filtration:

Classe	Particules solides/Poussières				Humidité		Teneur en huile totale mg/m ³
	Quantité maximale de particules par m ³		Particules avec d (µm)		Point de rosée (x = teneur en eau liquide en g/m ³)		
1	$\leq 0,1$	$0,1 < x \leq 0,5$	$0,5 < x \leq 1,0$	$1,0 < x \leq 5$	μm	mg/m^3	
2	100	1	0	-	-	-	$\leq -70^\circ\text{C}$ $\leq 0,1$
3	100000	1000	10	-	-	-	$\leq -40^\circ\text{C}$ $\leq 0,1$
4	-	10000	500	-	-	-	$\leq -20^\circ\text{C}$ $\leq 1,0$
5	-	-	1000	-	-	-	$\leq +3^\circ\text{C}$ $\leq 5,0$
6	-	-	20000	-	-	-	$\leq +7^\circ\text{C}$ -
7	-	-	-	≤ 5	≤ 5	-	$\leq +10^\circ\text{C}$ -
8	-	-	-	≤ 40	≤ 10	-	$x \leq 0,5$ -
9	-	-	-	-	-	-	$0,5 < x \leq 5,0$ $5,0 < x \leq 10,0$

suivant spécifications client

ANNEXE 18

Vues paysagères de la STEP de Boulari







ANNEXE 19

Note technique du système d'arrosage

TERRITOIRE D'OUTRE MER
NOUVELLE CALEDONIE

COMMUNE DU MONT-DORE
Centre ville de BOULARI

CONCEPTION ET REALISATION DE LA NOUVELLE STATION D'EPURATION

4 500 Eq. Habitants

Affaire N° 06/039

OFFRE BASE

NOTE ARROSAGE

SOMMAIRE ARROSAGE

1. DEFINITION	3
2. CAPACITES	3
2.1 Données de dimensionnement	3
2.2 Précision de dimensionnement	4
3. EQUIPEMENTS PROPOSES	5
3.1 Réservoir	5
3.2 Local technique arrosage	5
3.3 Surpresseur	5
4. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	6

1. DEFINITION

La présente note décrit les hypothèses de base de conception et de réalisation des installations selon « CDC Arrosage des espaces publics » pour le système d'arrosage utilisant l'eau traitée de la station d'épuration de Boulari.

Selon le CDC le système devra comprendre :

- Une filtration sur sable,
- Une désinfection UV,
- Un stockage temporaire,
- Un système de mise en pression du futur réseau d'arrosage municipal.
- Un réseau surpressé jusqu'en limite de parcelle à la STEP.
-

Avec notre offre de base avec une clarification par UltraFiltration membranaire, on s'affranchit des systèmes de filtration et de désinfection UV car la qualité d'eau traitée par UF est aux normes de baignade.

Nous prévoyons cependant une légère chloration (niveau de chlore comparable à l'eau potable) pour assurer une qualité bactériologique rémanente.

2. CAPACITES

2.1 Données de dimensionnement

- La consommation journalière d'eau d'arrosage prévue est de : **130 m³/j**
- La pression souhaité est de : **60 mCE**
- Le stockage des eaux en sortie de désinfection sera au minimum de : **150 m³**

2.2 Précision de dimensionnement

- Le système de surpression comprendra :
 - 2 pompes verticales multicellulaires dont 1 en secours,
 - Débit : 20 L/s soit 72 m³/h
 - Pression : 60 mCE
 - Hydraulique inox
 - Collecteurs aspiration/refoulement en inox
 - Manomètre avec vanne d'isolement
 - Pressostat de commande
 - Coffret électrique de commande.
- Refoulement :
 - 2 conduites de refoulement inox 316L avec vannes et clapets,
 - 1 conduite de refoulement vers la conduite générale d'arrosage en limite de site.

3. EQUIPEMENTS PROPOSES

3.1 Réservoir

La cuve de stockage proposée est une cuve préfabriquée en acier galvanisé, avec un cerclage béton, d'une capacité de 150 m³.

- Diamètre de la cuve : 8,00 m
- Hauteur maximum : 3,50 m

3.2 Local technique arrosage

Le local technique est composé de :

- Dalle radier béton 20cm de 10m²
- Toiture complète,
- Bardages latéraux,
- Ported'accès galva.

3.3 Surpresseur

Les installations de surpression sont composées de :

- 3 pompes centrifuges verticales
- Marque : Grundfos
- Type CR45-3
- Débit max : 135 m³/h
- Débit à 65 mCE : 75 m³/h
- Pression à 75 m³/h : 65 mCE
- Puissance : 11 kW
- Fréquence : 50 Hz

4. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

L'eau traitée de la STEP de Boulari est temporairement stockée dans la bache d'eau traitée localisée dans les bâtiments de la station. L'eau traitée est ensuite transférée gravitairement depuis cette bache d'eau traitée vers le réservoir de stockage de 150 m³ pour l'arrosage.

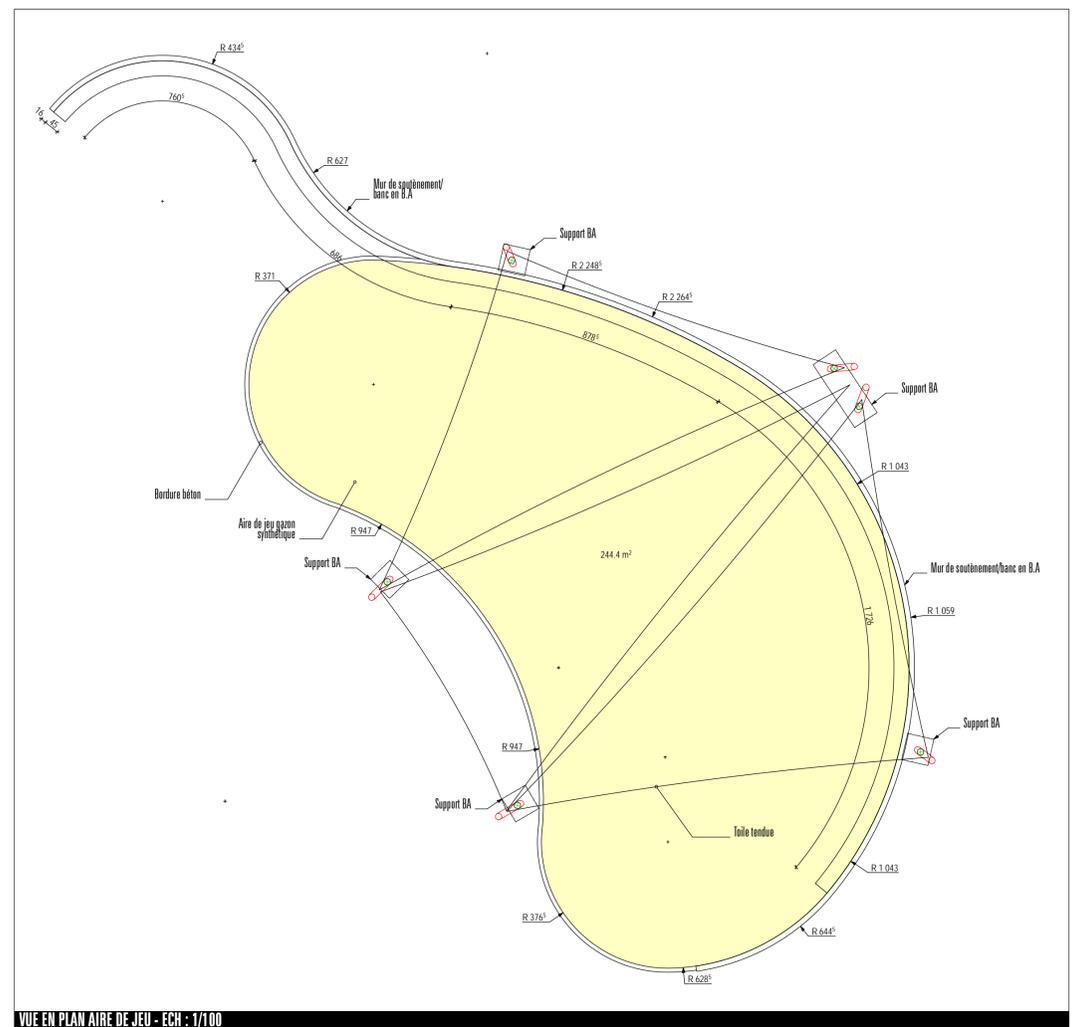
Le réservoir de stockage d'eau traitée de 150 m³ permet d'alimenter la station de surpression pour l'arrosage des espaces publics afin de distribuer de l'eau traitée légèrement chlorée (0,2 mg/L ; pour assurer une qualité bactériologique rémanente) à un débit de 75 m³/h et une pression de 6,5 bars.

ANNEXE 20

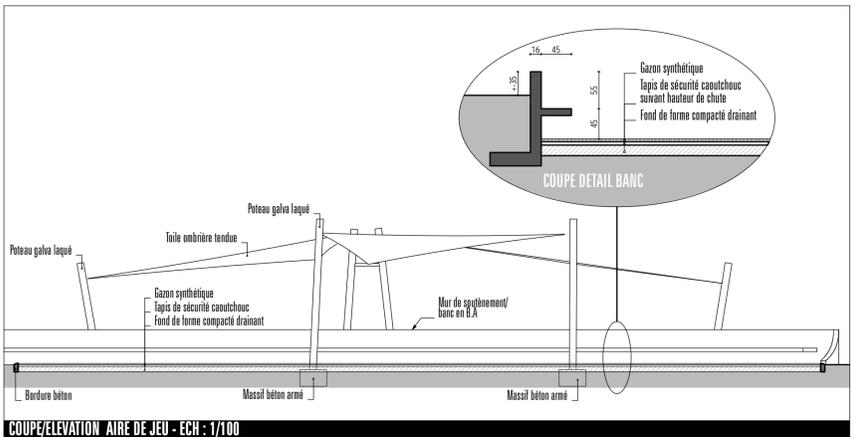
Plan des espaces verts public à arroser



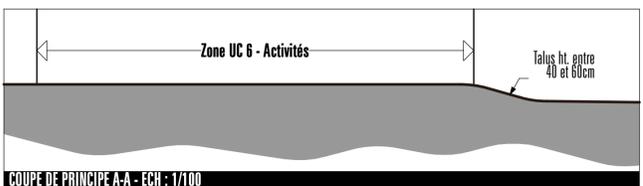
VUE EN PLAN - ECH: 1/200



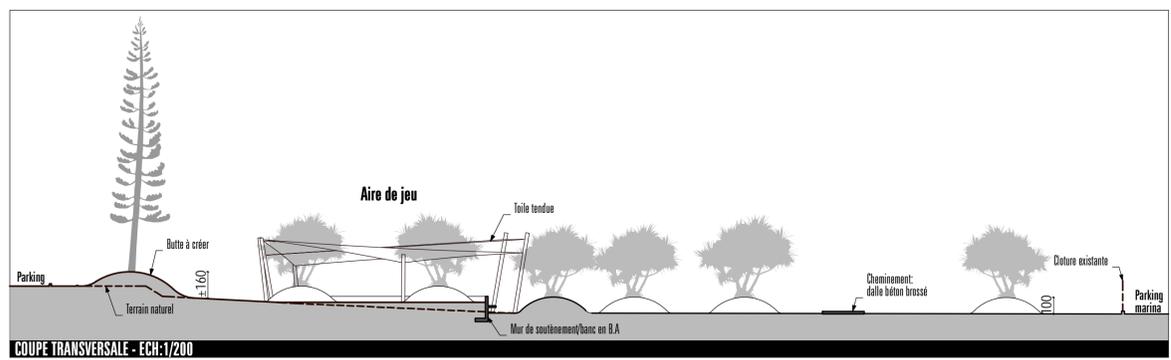
VUE EN PLAN AIRE DE JEU - ECH: 1/100



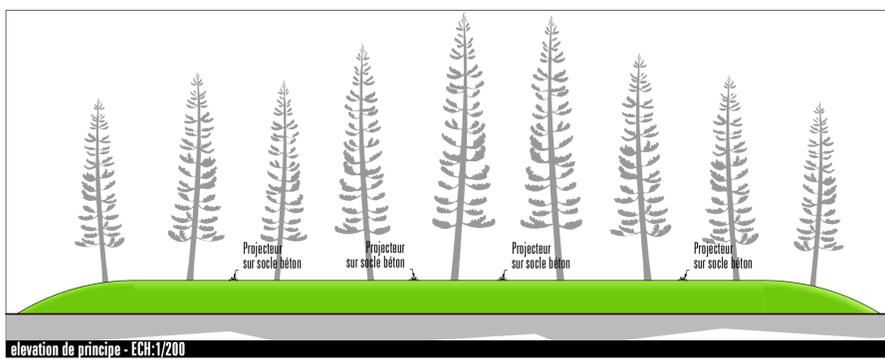
COUPE/ELEVATION AIRE DE JEU - ECH: 1/100



COUPE DE PRINCIPE A-A - ECH: 1/100



COUPE TRANSVERSALE - ECH: 1/200

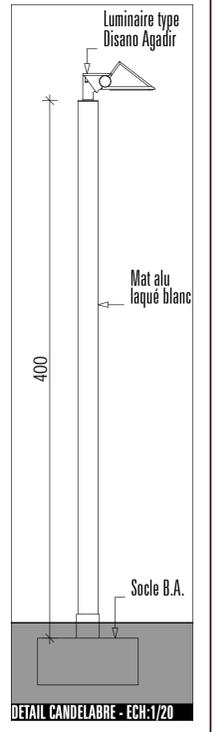


elevation de principe - ECH: 1/200

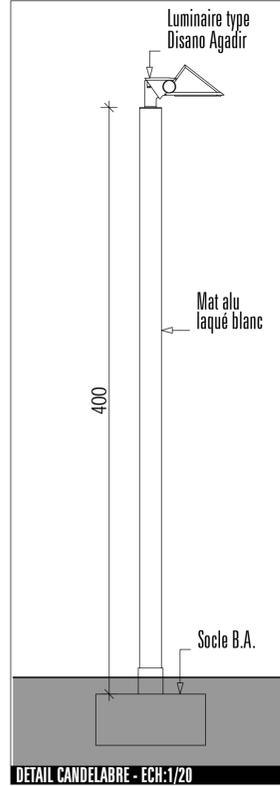
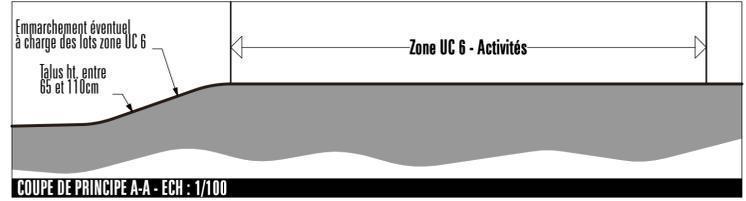
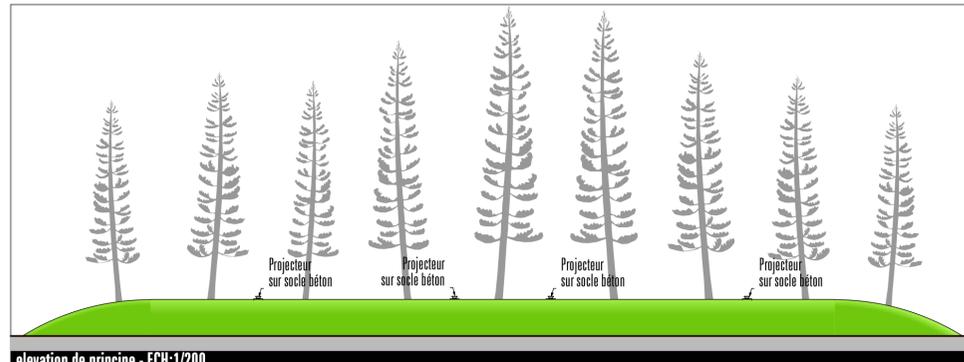
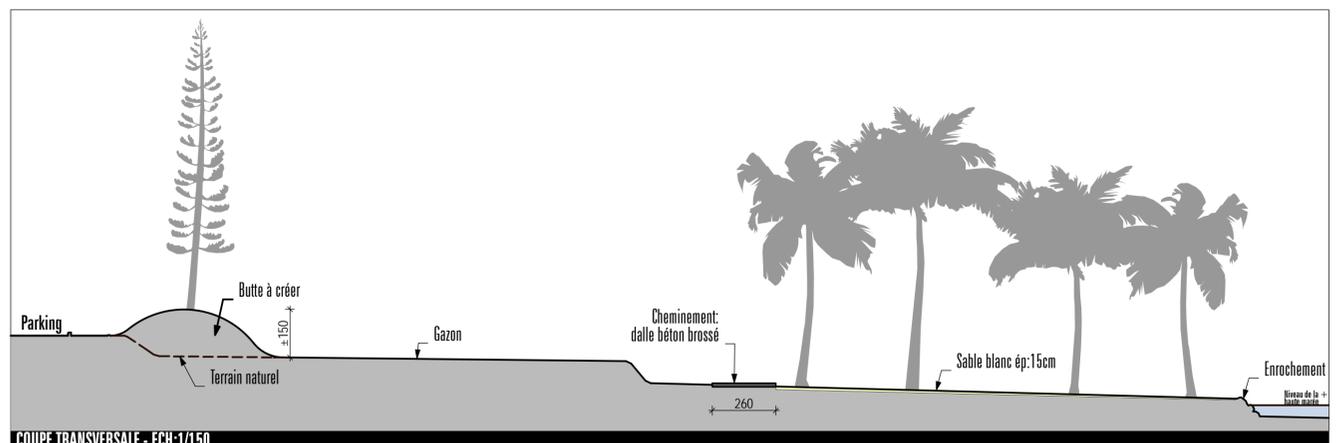
07 - SEQUENCE #7

- LEGENDE**
- CANDELABRE
 - PROJECTEUR
- LEGENDE PLANTATIONS**
- PA COCO NUCIFERA
 - PD PANDANNUS

NOTA - Propriété artistique et intellectuelle
 Les documents graphiques constituant l'ensemble du Dossier Architectural sont la propriété artistique et intellectuelle de l'auteur : " VUE SUR MER "SARL PATTE JC Architecte
 Aucune modification ne pourra être envisagée sans l'autorisation écrite de celui-ci (" VUE SUR MER "SARL PATTE JC Architecte)
 Documents "Lus et approuvés" par le Maître d'ouvrage le.../.../2009



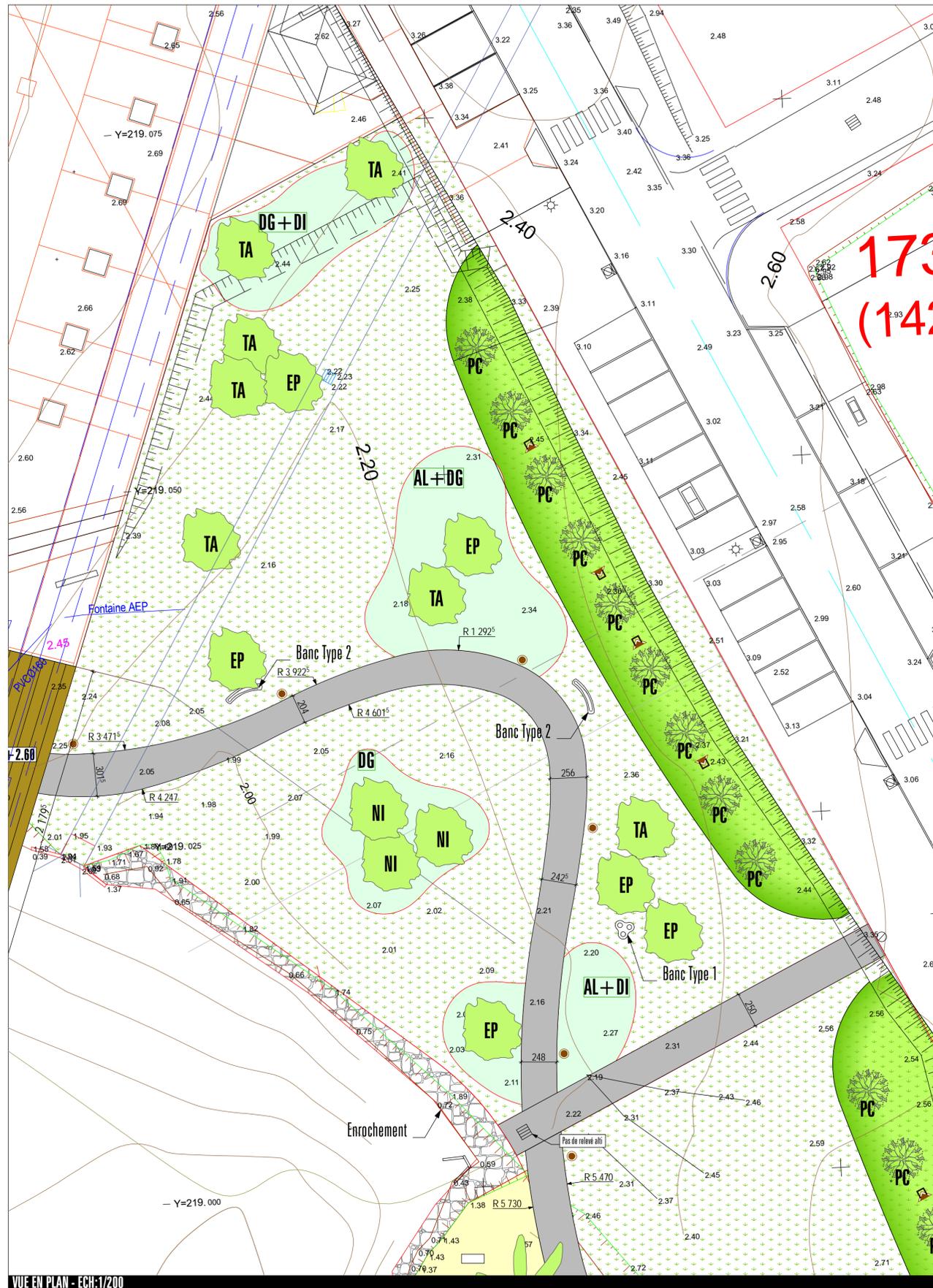
DETAIL CANDELABRE - ECH: 1/20



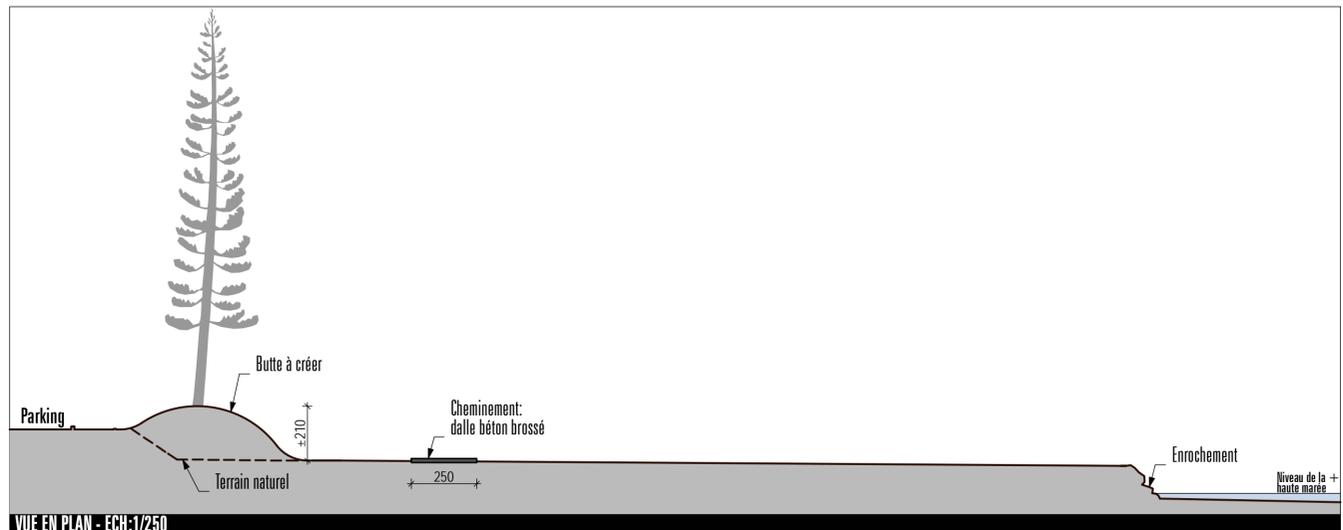
- LEGENDE PLANTATIONS**
- PA COCO NUCIFERA
 - PC PIN COLONNAIRE
- LEGENDE**
- CANDELABRE
 - MOBILIER DE PLAGE PLASTIQUE

NOTA : Propriété artistique et intellectuelle
 Les documents graphiques constituent l'ensemble du Dossier Architectural sont la propriété artistique et intellectuelle de l'auteur : " VUE SUR MER "SARIL PATTE JC Architecte
 Aucune modification ne pourra être envisagée sans l'autorisation écrite de celui-ci (" VUE SUR MER "SARIL PATTE JC Architecte)
 Documents "Lus et approuvés" par le Maître d' Ouvrage le ... / ... /2009

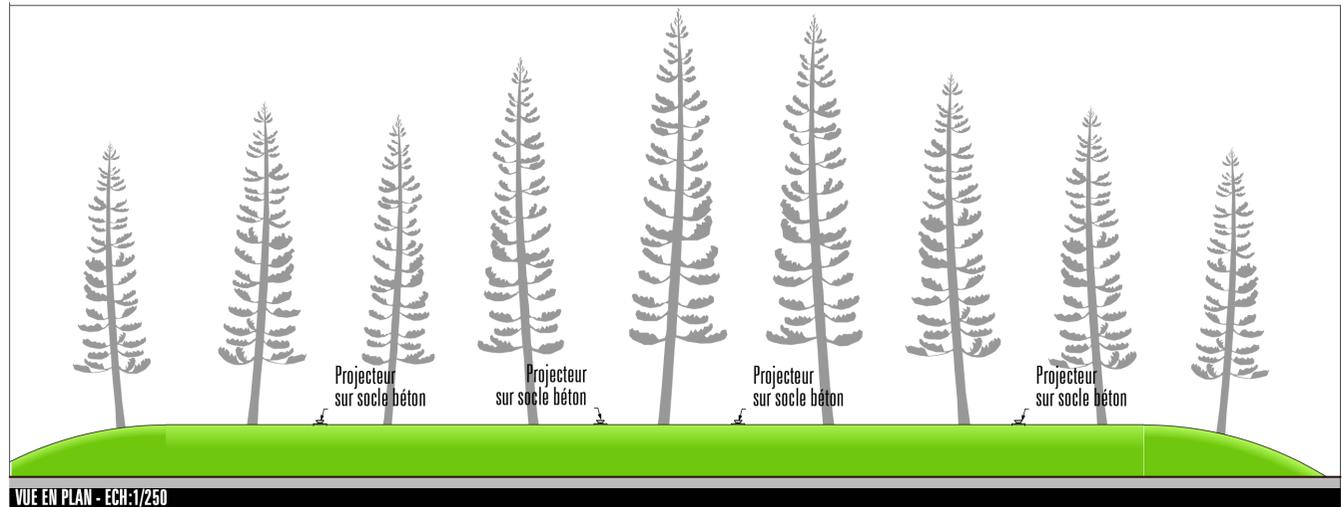
06 - SEQUENCE #6



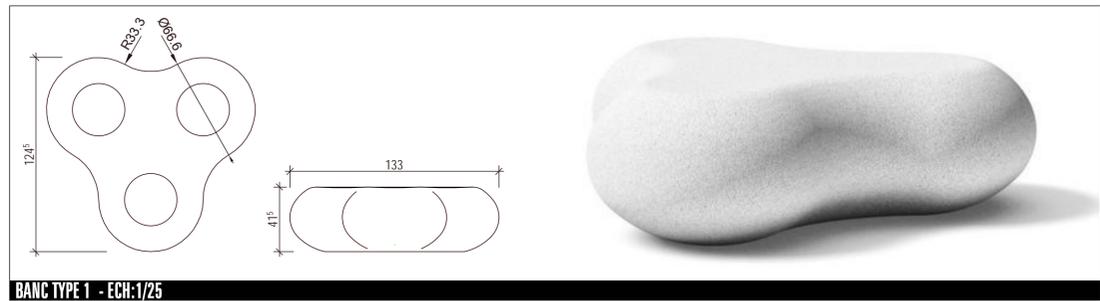
VUE EN PLAN - ECH:1/200



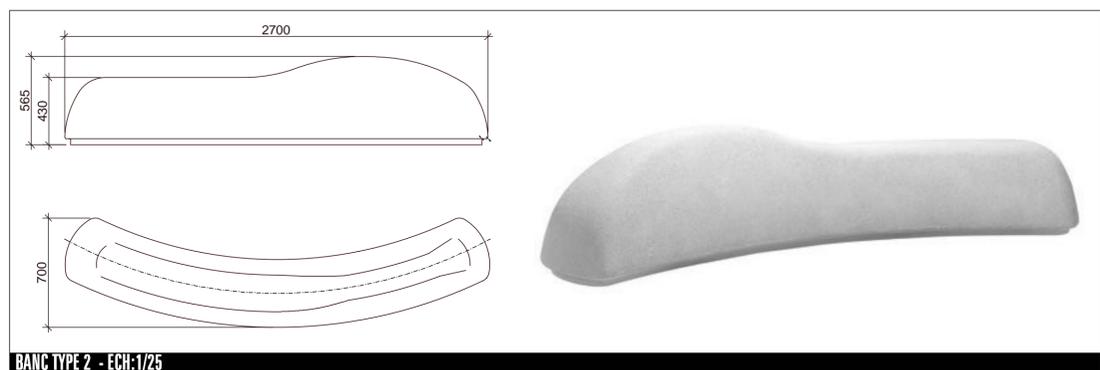
VUE EN PLAN - ECH:1/250



VUE EN PLAN - ECH:1/250



BANC TYPE 1 - ECH:1/25



BANC TYPE 2 - ECH:1/25

05 - SEQUENCE 5

LEGENDE PLANTATIONS

- TA TABEUIA ARGENTEA
- NI NIAOULI
- EP ELAEOCARPUS PERCIFOLIUS

LEGENDE MASSIFS

- DG DIETES GRANDIFLORA
- AL ALLIUM
- DI DUTCH IRIS

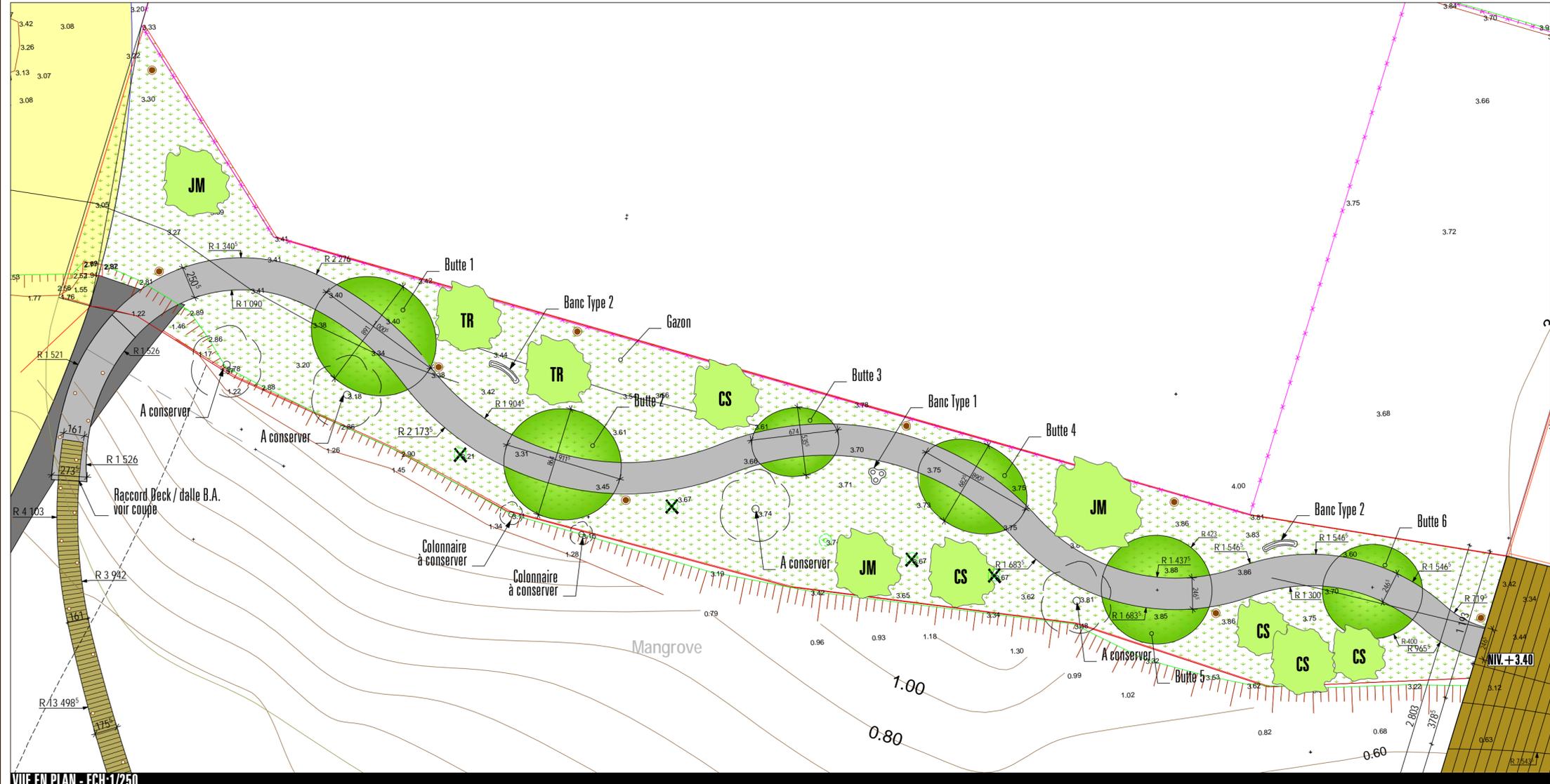
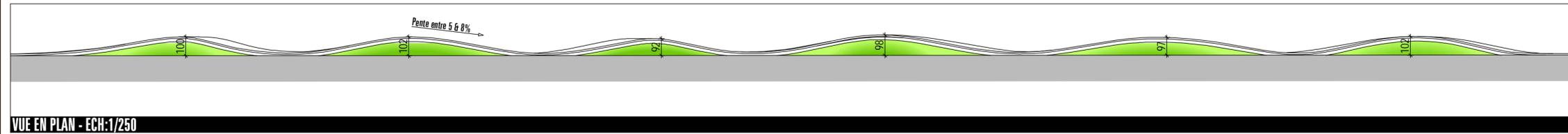
LEGENDE

- CANDELABRE

LEGENDE

- BANC TYPE 1
- BANC TYPE 2

NOTA : Propriété artistique et intellectuelle
 Les documents graphiques constituant l'ensemble du Dossier Architectural sont la propriété artistique et intellectuelle de l'auteur : " VUE SUR MER "SARL PAITE JC Architecte
 Aucune modification ne pourra être envisagée sans l'autorisation écrite de celui-ci (" VUE SUR MER "SARL PAITE JC Architecte)
 Documents "Lus et approuvés" par le Maître d' Ouvrage le .../.../2009



VUE EN PLAN - ECH:1/250

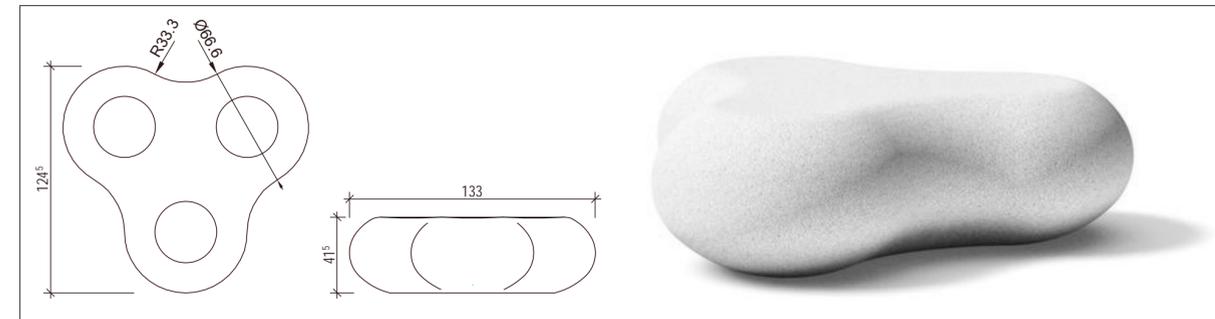
LEGENDE PLANTATIONS

TR	TABEUIA ROSEA	
JM	JACARANDA MIMOSAEFOLIA	
CS	CASSIA SPECTABILIS	

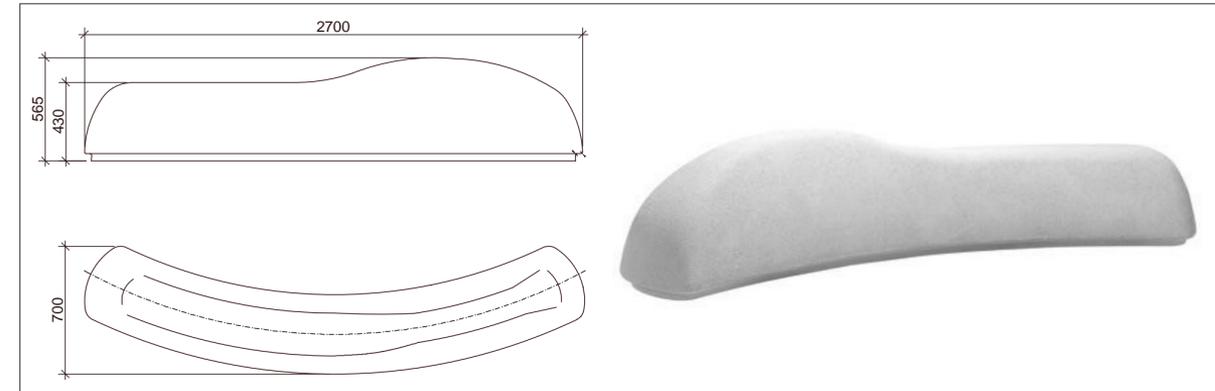
LEGENDE

	BANC TYPE 1	
	BANC TYPE 2	

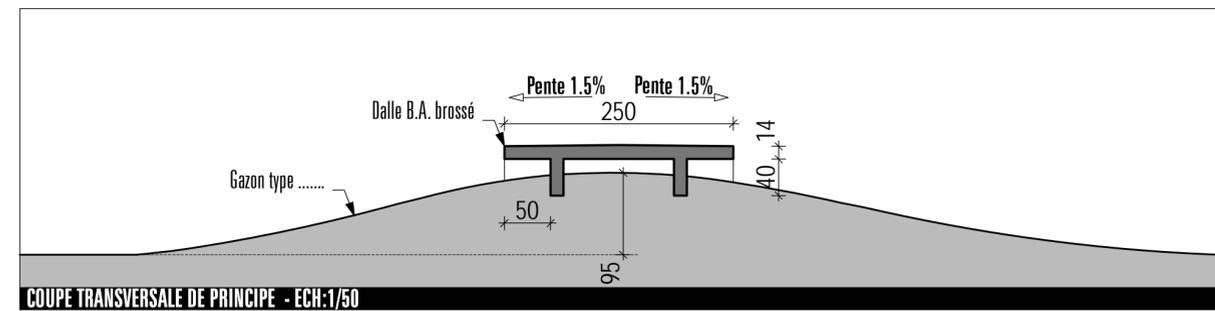
03 - SEQUENCE #3



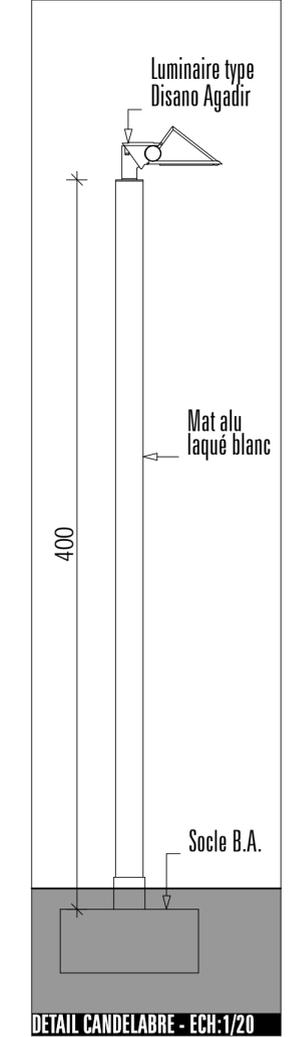
BANC TYPE 1 - ECH:1/25



BANC TYPE 2 - ECH:1/25



COUPE TRANSVERSALE DE PRINCIPE - ECH:1/50



DETAIL CANDELABRE - ECH:1/20

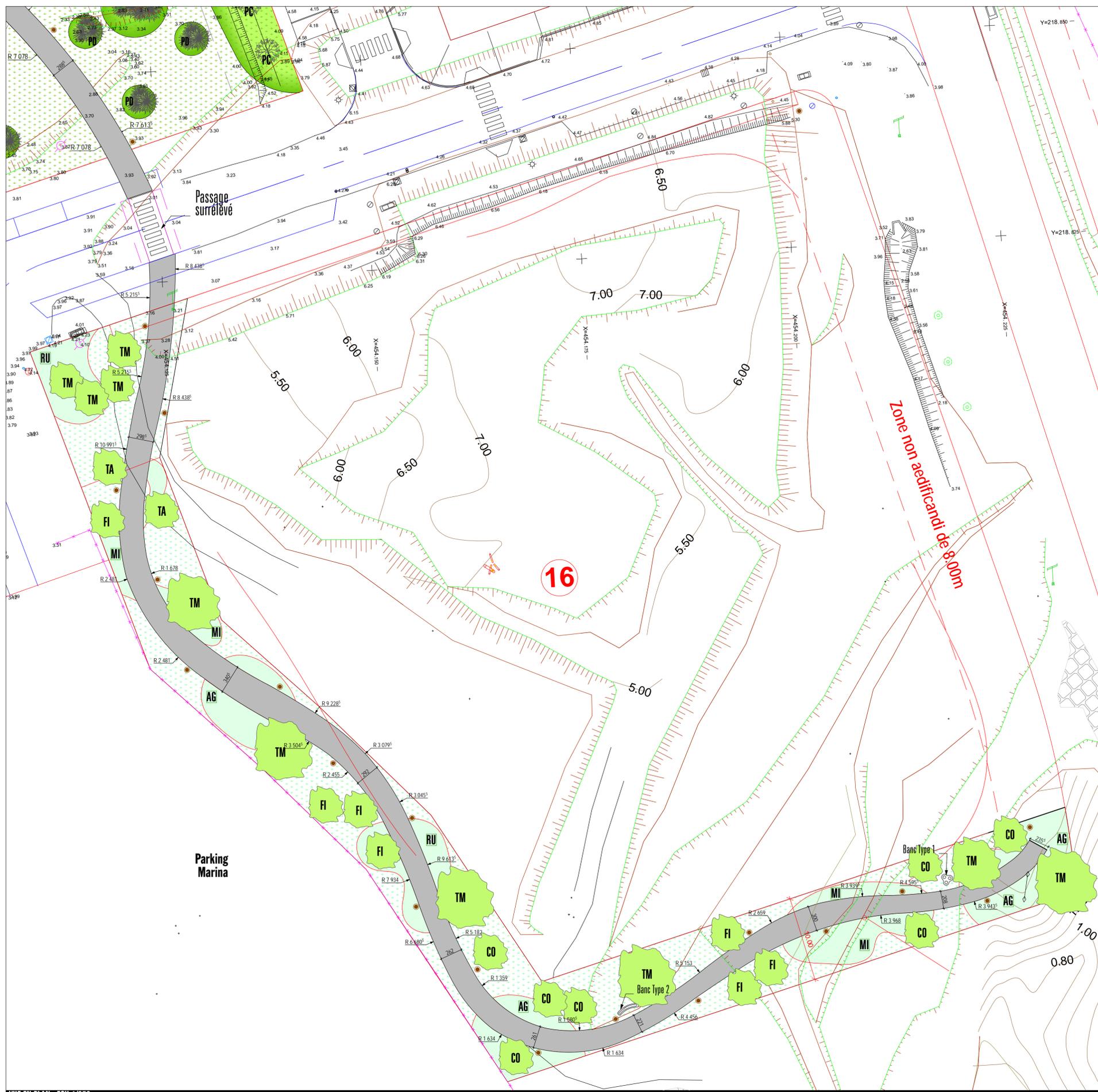
NOTA : Propriété artistique et intellectuelle
 Les documents graphiques constituant l'ensemble du Dossier Architectural sont la propriété artistique et intellectuelle de l'auteur : " VUE SUR MER "SARL PATTE JC Architecte
 Aucune modifications ne pourra être envisagée sans l'autorisation écrite de celui-ci (" VUE SUR MER "SARL PATTE JC Architecte)
 Documents "Lus et approuvés" par le Maître d' Ouvrage le .../.../2009



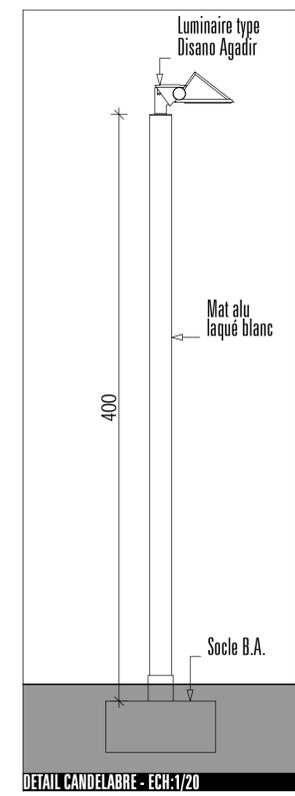
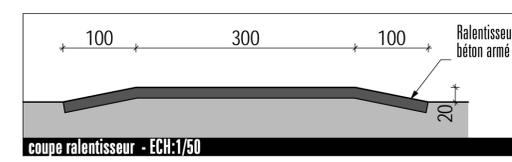
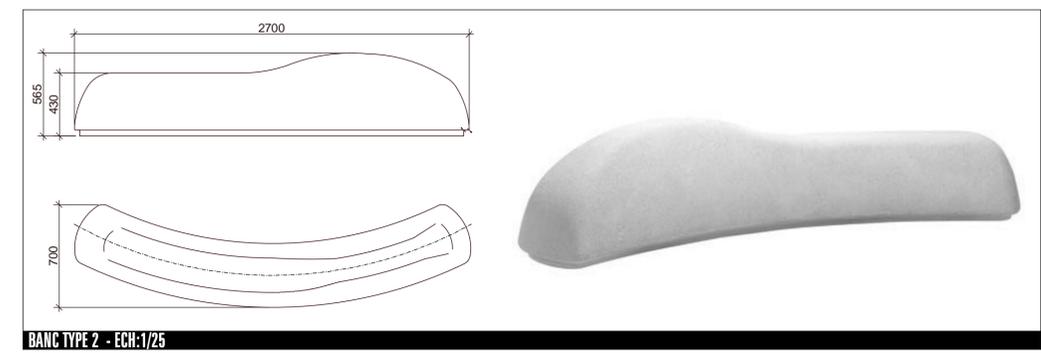
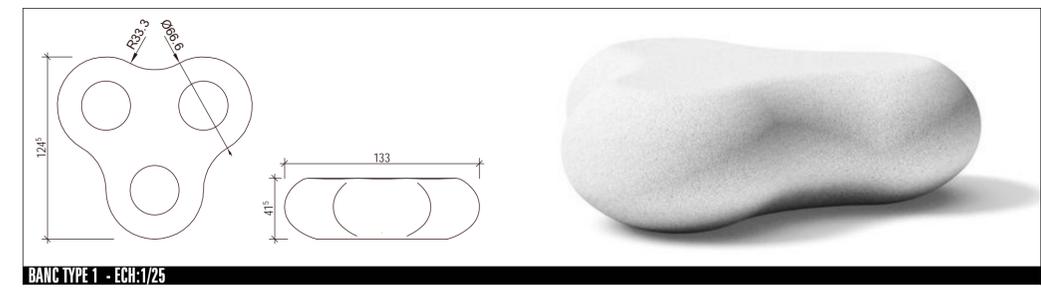
00 - PLAN GENERAL

VUE EN PLAN MASSE - ECH: 1/1000

NOTA: Propriété artistique et intellectuelle
 Les documents graphiques constituent l'ensemble du Dossier Architectural dont la propriété artistique et intellectuelle de l'auteur est VUE SUR MER SARL PATTE JC Architecte
 Aucune modification ne pourra être envisagée sans l'autorisation écrite de celui-ci (VUE SUR MER SARL PATTE JC Architecte)
 Documents "Lus et approuvés" par le Maître d'ouvrage le .../.../2009



VUE EN PLAN - ECH:1/250



08 - SEQUENCE #8

LEGENDE PLANTATIONS

TA	TABEBUIA ARGENTEA	
TM	TERMINALIA MANDALI	
EP	CERBERA ODOLLAM	
FI	FICUS	

LEGENDE MASSIFS

RU	RAPHIOLEPSIS UMBELLATA	
MI	MISCANTHUS	
AG	AGAPANTHUS	

LEGENDE

	CANDELABRE
--	------------

LEGENDE

	BANC TYPE 1
	BANC TYPE 2

NOTA : Propriété artistique et intellectuelle
 Les documents graphiques constituant l'ensemble du Dossier Architectural sont la propriété artistique et intellectuelle de l'auteur : " VUE SUR MER "SARIL PATTE JC Architecte
 Aucune modification ne pourra être envisagée sans l'autorisation écrite de celui-ci (" VUE SUR MER "SARIL PATTE JC Architecte)
 Documents "Lus et approuvés" par le Maître d' Ouvrage le... /.../2009

Annexe 21

Projet d'arrêté de mars 2001 concernant la réutilisation d'eaux usées épurées

Section I

Dispositions générales

Article 1 : L'objet du présent arrêté est de fixer les prescriptions sanitaires et techniques correspondantes applicables aux installations utilisant, après épuration, des eaux usées mentionnées aux articles L. 2224-8 et L. 2224-10 du code général des collectivités territoriales, à des fins d'arrosage ou d'irrigation, afin de garantir la protection de la santé publique, et de l'environnement, en application du décret du 3 juin 1994 susvisé.

Article 2 : L'utilisation d'eaux usées épurées, aux fins d'arrosage ou d'irrigation est mise en œuvre, selon les règles de l'art au moyen des systèmes suivants :

- irrigation gravitaire où l'eau est fournie aux plantes par submersion des bassins, par planches ou par calans, par des rigoles ou des raies d'irrigation,
- irrigation souterraine par l'intermédiaire de tuyaux ou de drains enterrés,
- irrigation localisée où l'eau est distribuée au moyen de goutteurs ou de rampes perforées au voisinage de la plante,
- irrigation par aspersion où l'eau est fournie aux plantes sous forme de pluie artificielle grâce à l'utilisation d'organes d'arrosage (buses rotatives, asperseurs, etc...) alimentés en eau sous pression.

Article 3 : Sont interdits :

- l'utilisation d'eaux usées brutes pour l'arrosage ou l'irrigation,
- l'aspersion d'eaux usées épurées sous serre, l'utilisation d'eaux usées épurées issues de stations d'épuration qui produisent des boues ne respectant pas, sur le plan chimique, les exigences fixées aux tableaux Ia et Ib de l'annexe I de l'arrêté du 8 janvier 1998 susvisé,
- l'irrigation sur des terrains dont la pente est supérieure à 7%, à l'exception des cas d'irrigation localisée telle que définie à l'article 2 du présent arrêté.

Article 4 : En cas de stockage des eaux usées après épuration, qu'il soit destiné à affiner le traitement ou à permettre la régulation du débit d'utilisation :

- les eaux usées épurées issues du stockage doivent respecter les valeurs limites définies à l'annexe I du présent arrêté,
- la conception, l'implantation et l'entretien des ouvrages de stockage doivent permettre de minimiser les émissions d'odeur, la prolifération des vecteurs nuisibles et assurer la protection des eaux souterraines.

Section II

Qualité requise pour les eaux, contraintes d'utilisation et modalités d'irrigation

Article 5 : Sans préjudice de l'application des réglementations générales ou particulières concernant la protection des ressources en eau, les eaux usées épurées utilisées pour l'irrigation d'espaces verts ou de cultures doivent respecter les valeurs maximales de concentration et les contraintes figurant à l'annexe I en fonction :

- de la nature et du type de culture,
- du mode d'irrigation choisi.

Article 6 : L'irrigation par aspersion de cultures ou espaces verts avec des eaux usées épurées ne peut être réalisée que si l'organe d'irrigation :

- est conçu de manière à émettre la plus faible proportion possible de gouttes fines ou d'aérosols,
- est placé le plus bas possible par rapport au sol et à la culture.

Le matériel utilisé doit répondre aux conditions fixées à l'annexe II.

Section III

Programmes de surveillance

Article 7 : La surveillance générale de la qualité des eaux usées épurées utilisées pour l'irrigation comprend :

- la surveillance prévue par l'arrêté du 22 décembre 1994 susvisé,
- la surveillance de la qualité des boues produites prévue par l'arrêté du 8 janvier 1998, quelle que soit la destination des boues,
- la surveillance spécifique en vue de la réutilisation des eaux usées épurées.

L'exploitant du système d'irrigation doit mettre en place un programme de surveillance analytique des eaux usées épurées utilisées. La nature et la fréquence minimale des analyses sont fixées dans l'annexe III.

Le volume des eaux usées épurées utilisées pour l'irrigation doit être mesuré par tout dispositif approprié.

Article 8 : La collectivité territoriale concernée tient à jour un registre, mis à la disposition de l'autorité sanitaire et du service de police de l'eau, précisant :

- la nature des cultures et les parcelles ayant reçu des eaux usées épurées,
- les volumes épandus,

- les résultats de la surveillance analytique,
- les périodes d'utilisation des eaux usées épurées.

Un bilan des résultats de la surveillance est transmis tous les ans au préfet.

Section IV

Exécution

Article 9 : Les prescriptions du présent arrêté pourront être complétées par des arrêtés pris en application de l'article L. 1311-2 du code de la santé publique lorsque des dispositions complémentaires particulières s'imposent.

Article 10 : Les dispositions prévues à l'article 8 sont applicables aux installations existantes à la date de parution du présent arrêté. Le préfet fixe les délais pour la mise en conformité des installations existantes.

Article 11 : Des dérogations aux dispositions du présent arrêté peuvent être accordées après avis du Conseil supérieur d'hygiène publique de France.

Article 12 : Le directeur général de la santé, le directeur de l'eau et le directeur de l'espace rural et de la forêt sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté qui sera publié au journal officiel de la République française.

ANNEXE I

VALEURS LIMITEES DE QUALITE ET CONTRAINTES D'UTILISATION DES EFFLUENTS

1- les niveaux de qualité

Quatre niveaux de qualité sanitaire sont définis (A, B, C et D), dont les valeurs limites de qualité sont les suivantes :

Tableau I a : valeurs limites de qualité

Niveau de qualité Paramètres	A	B	C°	D°
MES mg/l	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Si lagunage naturel	≤ 150	≤ 150	≤ 150	≤ 150
DCO * mg/l	≤ 125	≤ 125	≤ 125	≤ 125
<i>E. Coli</i> /litre	≤ 10 000	≤ 10 000	≤ 100 000	-
Salmonelles /litre	Absence	-	-	-
Œufs de ténia /litre	Absence	-	-	-

** dans le cas des lagunages, la DCO est réalisée sur effluent filtré*

° ce niveau de qualité ne permet pas l'aspersion

2- les contraintes d'usage

Les niveaux de qualité à respecter en fonction de la nature et du type de culture envisagée figurent dans le tableau suivant ainsi que des modes d'irrigation requis

Tableau I b : contraintes d'usages

Usage et / ou Type d'activité	Niveau de qualité requis	Restrictions ou Modalités d'intervention
<u>Cultures maraîchères, légumières et fruitières, hors arboriculture</u> non transformées, par cuisson, pasteurisation ou irradiation <u>Arboriculture fruitière</u> ⁽¹⁾ <u>Pâturage</u> <u>Espaces verts ouverts au public</u> ⁽²⁾ (golfs, terrains de sport...)	A	(1) – avec aspersion (2-) aspersion en dehors des heures d'ouverture au public
<u>Cultures maraîchères, légumières et fruitières, hors arboriculture</u> transformées, par cuisson, pasteurisation ou irradiation <u>cultures florales, pépinières et arbustes</u> <u>cultures céréalières et fourragères</u>	B	avec aspersion
<u>cultures florales, pépinières et arbustes</u> <u>arboriculture fruitière</u> <u>cultures céréalières et fourragères</u>	C	Aspersion interdite Sous frondaison et hors aspersion
<u>Forêt d'exploitation avec accès contrôlé du public</u>	D	Aspersion interdite

3- les contraintes de distance

Tableau I c : contraintes de distances

Nature des activités à protéger	Niveau de qualité		
	A	B Avec aspersion maîtrisant les aérosols	C et D
Habitations	50 m si aspersion	100 m	-
Voies de circulation	50 m si aspersion	50 m	-
Milieu hydraulique superficiel	20 m	50 m	100 m
Conchyliculture et aquaculture	50 m	200 m	300 m
Baignades	50 m	100 m	200 m
Périmètres de protection des points d'eau AEP	Prévoir interdiction dans le périmètre de protection rapprochée	Prévoir interdiction dans le périmètre de protection rapprochée	Prévoir interdiction dans le périmètre de protection rapprochée

ANNEXE II

ADAPTATION DES ORGANES ET DES MATERIELS D'IRRIGATION
PAR ASPERSION D'EAUX USEES EPUREES

Tableau 2

Organe d'arrosage		Angle d'attaque du jet	Caractéristique du matériel
Bubblers sur matériel déplaçable			Appareils à utiliser sur rampe pivotante ou frontale en y adaptant des cannes de descente
Buses (180°, 360°, et rotatives) sur matériels déplaçables (rampe tractée, pivotante ou frontale)		Pour les buses de 360°, utiliser un déflecteur conique convexe	A installer de préférence en position sur canne de descente, dans le cas de rampe pivotante ou frontale à une hauteur compatible avec la culture en place
Asperseur	Petit asperseur	Utiliser de préférence des asperseurs à angle bas (12°) pour éviter une trop forte prise au vent	Utiliser à poste fixe ou sur matériel mobile
	Canon d'arrosage	L'angle d'attaque du jet sera de préférence de 17° pour éviter la prise au vent	Pour la rotation, préférer la turbine à la cuillère et le canon à retour lent au canon à retour rapide

Par ailleurs, il conviendra :

- de ne pas favoriser la création d'aérosols, la pression devant rester dans les limites calculées pour l'irrigation,
- de réduire la prise au vent en utilisant des asperseurs ou des canons à angle d'attaque plus faible que ceux proposés pour l'irrigation des cultures,
- de ne pas arroser lorsque la vitesse du vent ne permet pas une répartition contrôlée de l'eau sur le sol,
- d'isoler le site d'irrigation par un rideau d'arbres placé perpendiculairement à la direction des vents dominants.

ANNEXE III

MODALITES DE SURVEILLANCE

Les recherches analytiques spécifiques à l'utilisation d'eaux usées épurées à des fins d'irrigation sont réalisées au point d'usage conformément au tableau suivant :

Contrôles microbiologiques :

Tableau 3 : fréquences d'analyses

Niveau de qualité	Salmonelles	Œufs de ténia	<i>E coli</i>
A	4 / an	4 / an	4 / an
B	-	-	4 / an
C	-	-	4 / an

Pour les durées d'irrigation inférieures à quatre mois, le nombre de contrôles annuels ne pourra être inférieur à deux.

Contrôles physico-chimiques :

Les contrôles de la qualité physico-chimique des eaux usées épurées réutilisées pour l'arrosage ou l'irrigation se font indirectement, par l'intermédiaire de la qualité des boues produites lors du traitement d'épuration.

Lorsque les boues de la station d'épuration ne sont pas utilisées en agriculture et ne font pas l'objet de surveillance analytique, les paramètres figurant à l'annexe I, tableaux Ia et Ib de l'arrêté du 8 janvier 1998 susvisé font l'objet d'au moins quatre analyses par an , à l'exception des lagunes.

Dans le cas des installations d'épuration par lagunage, les mêmes paramètres font l'objet d'une analyse annuelle dans la lagune finale.

