



SCHEMA DE VALORISATION AGRONOMIQUE DES DECHETS ORGANIQUES ISSUS DES ELEVAGES HORS-SOL

PHASE 1

SUIVI DES MODIFICATIONS

CLIENT : DDR

NOM DE L'AFFAIRE : Etude des scénarii pour la valorisation des déchets organiques issus des élevages hors-sol en Province Sud

REF BIOEKO : 3129

Date	CA	SUP	MOA	Observations/Objet	Version
12/18	CC/EG	ER			V1

AVANT-PROPOS

CONTEXTE DE L'ÉTUDE

La politique publique agricole provinciale dont l'objectif affiché est l'amélioration du taux d'autonomie alimentaire en Nouvelle-Calédonie, fixe pour les élevages hors-sol des objectifs ambitieux de développement.

Le développement des productions hors-sol va de pair avec l'augmentation des volumes de déchets organiques produits ; le volume d'effluents bruts est ainsi évalué à 60 000 tonnes d'effluents à traiter par an en 2025 contre un peu moins de 40 000 tonnes en 2016 produits principalement par la quarantaine d'élevages hors-sols recensés par la DDR en province Sud (tableau 1 – normes CORPEN).

Ces effluents sont essentiellement valorisés en l'état sur des parcelles agricoles, ce qui génère parfois des conflits d'usage (mouches, odeur). Ces productions ont également généré environ 1 400 tonnes de déchets d'abattage (os, sang, viscères, plumes etc.) non valorisés et généralement traités par enfouissement ainsi que 50 à 70 tonnes de cadavres (volailles et porcs), eux aussi non traités.

Année	Porcs		Aviculture chair		Aviculture œuf	
	2016	2025	2016	2025	2016	2025
Production (T ou dz)	2 100	3 260	580	1 580	3 400 000	4 400 000
Cheptel (nbre)	30 000	50 400	340 000	1 280 000	140 000	180 000
Volume effluents (T brutes)	30 200	43 600	2 200	8 300	6 400	8 400
Volume déchets carnés (T)	1 233	1 915	155	421		

Tableau 1 : Objectifs de la Politique Agricole pour les filières hors sol et impact sur les déchets organiques produits

Il est donc important de mettre en place une ou plusieurs filières de valorisation de ces déchets en province Sud permettant de réduire les externalités négatives. Les enjeux sont nombreux : il s'agit d'une part de limiter l'impact des élevages hors sol sur l'environnement afin de garantir un développement durable de ces filières et d'autre part de valoriser en agriculture les produits organiques afin de maintenir ou développer la fertilité des sols calédoniens tout en optimisant les coûts de fertilisation et en diminuant le soutien public aux engrains importés (5 000 tonnes d'engrais importés en 2016).

OBJECTIFS & DEROULEMENT DE LA PHASE 1

L'objectif de la phase 1 est la réalisation d'une analyse comparative entre les différentes techniques de valorisation habituellement pratiquées et la proposition de premiers scénarios de valorisation pour chaque filière tenant compte du contexte local.

L'ensemble de cette analyse permettra de faire ressortir les premiers scénarios de base qui seront étudiés plus en détail en phase 2.

Le déroulement de la phase 1 a suivi les étapes suivantes :

Analyse de l'état des lieux déjà réalisé par la DDR portant notamment sur :

- la caractérisation des déchets et la quantification des gisements
- l'état des lieux des modes de valorisation actuels
- l'établissement des besoins des agriculteurs utilisateurs

Rencontre des acteurs :

■ Chambre de l'Agriculture

- la répartition et le nombre d'élevages et agriculteurs en Province Sud ;
- les effectifs des différents cheptels
- réglementation
- problèmes rencontrés

■ Eleveurs:

- les volumes et quantité d'effluents à traiter ;
- le type d'effluents produits, leur mode de gestion actuel, les contraintes... vente des effluents.
- les terres disponibles pour l'épandage Les élevages ont-ils des terres pour épandre (surface/élevage), produisent-ils d'autres productions agricoles, vendent-ils leurs effluents ?
- les traitements actuels
- capacités économique des éleveurs

■ Agriculteurs (maïs, pomme de terre, maraîchage...)

- répartition des agriculteurs dans la Province Sud
- besoins en engrains, coûts
- développement des filières à l'avenir

■ Collectivités et de structures de la société civile

- perception de l'agriculture et élevage
- externalités négatives

Étude comparative des différents modes de valorisation

Une analyse multicritères des filières de traitement a été réalisée notamment sur :

- La technicité du procédé (capacité à mettre en œuvre le procédé au niveau local, des exemples et le retour d'expérience pour des procédés déjà présents sur le territoire) ;
- Les investissements et les coûts du traitement;
- La qualité des sous-produits et les voies de valorisation ;
- Les risques engendrés par le traitement et les réglementations associées
- Le type de projet (individuel, collectif)

GLOSSAIRE

Amendement : Les amendements servent à améliorer l'état physique, chimique et biologique du sol, en favorisant le maintien d'une bonne structure. Ils sont incorporés à la plantation et lors du travail du sol annuel, et sont parfois appelés à tort « engrais de fond ». Il existe deux types d'amendements : les amendements organiques et les amendements minéraux.

Engrais : matière naturelle à base de matières organiques ou inorganiques, ou élaborée, produite par l'homme pour l'ajouter au sol, à un substrat ou à l'eau, afin d'augmenter la production de plantes désirables. Un engrais est surtout composé d'azote N, de phosphore P et de potassium K (NPK).

Effluent : eau résiduaire urbaine ou industrielle, et plus généralement tout rejet liquide véhiculant une certaine charge polluante (dissoute, colloïdale ou particulaire). Ces effluents recèlent des composants organiques ou chimiques nuisibles à l'environnement.

Fientes : Excrément d'oiseau et de certains animaux.

Fumier : résultat du mélange dans le bâtiment des déjections animales avec de la paille (ou une litière de copeaux, de sciures...), ce qui donne un effluent assez sec, facilement manipulable et stockable. Ils sont stockés après raclage sur une plate-forme. Les fumiers le plus souvent retournent sur les parcelles agricoles, pour apporter des éléments fertilisants et de la matière organique, qui améliorent la structure du sol.

Lisier : effluent agricole, mélange de déjections d'animaux d'élevage (urines, excrément) et d'eau, dans lequel domine l'élément liquide. Il peut également contenir des résidus de litière (paille) en faible quantité. Il est produit principalement par les élevages de porcs, de bovins et de volailles

ACRONYMES

CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique

CORPEN

COT : Composés traces organiques

ETM : éléments traces minéraux

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

K : potassium

MAFOR : matières fertilisantes d'origine résiduaire

MO : matière organique

MS : matière sèche

N : azote

OCEF : Office de commercialisation et d'entreposage frigorifique

P : phosphore

PAP : Politique Agricole Provinciale

SAU : Surfaces Agricoles Utiles

SCV : Semi direct Sous : Politique Agricole Provinciale

SPA : sous-produit animaux

TABLE DES MATIÈRES

1 CONTEXTE : ORIENTATIONS DONNÉES PAR LES DIFFERENTS OUTILS DE PLANIFICATION.....	10
1.1 SCHÉMA PROVINCIAL PRÉVENTION ET DE GESTION DES DÉCHETS 2018–2022 (VERSION PROVISOIRE).....	10
1.2 SCHÉMA POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DE LA PROVINCE SUD	11
1.3 POLITIQUE PUBLIQUE AGRICOLE PROVINCIALE À HORIZON 2025	11
1.4 STRUCTURATION DES FILIÈRES DE GESTION DES DÉCHETS ORGANIQUES EN PROVINCE SUD (2014)	13
2 VALORISATION DES MATIÈRES FERTILISANTES D'ORIGINE RÉSIDUAIRE – PRINCIPES GÉNÉRAUX ET CONTEXTE LOCAL	16
2.1 RÔLE DES MAFOR	16
2.1.1 FACTEUR DE BONNE TENUE ET DE QUALITÉ DES SOLS.....	16
2.1.2 UNE VALEUR NUTRITIVE INCONTESTABLE MAIS VARIABLE	17
2.1.3 STIMULATION DE L'ACTIVITÉ BIOLOGIQUE DU SOL.....	17
2.2 GÉRER LA FERTILISATION ORGANIQUE : LES RÈGLES DE BASE	17
2.2.1 APPORT DE MATIÈRE ORGANIQUE.....	17
2.2.2 AZOTE	20
2.2.3 POTASSIUM ET PHOSPHORE.....	21
2.2.4 CALCIUM	22
2.3 COMPOSITION DES MATIÈRES ORGANIQUES	22
2.3.1 ISSUES DE CENTRIFUGATION LISIER DE PORC COMPOSTÉ.....	24
2.3.2 FIENTES DE VOLAILLES	24
2.3.3 COMPOST FUMIER DE VOLAILLES SUR COPEAUX	24
2.3.4 COMPOST DE DÉCHETS VERTS	24
2.3.5 COMPOST MIXTE DÉCHETS VERTS, BIODÉCHETS ET DÉCHETS FERMENTESCIBLES URBAINS	25
2.4 EXEMPLES DE FERTILISATION DE QUELQUES CULTURES	25
2.4.1 MAIS	25
2.4.2 CULTURES MARAÎCHÈRES	25
2.4.3 CULTURES FOURRAGÈRES ET PÂTURAGES.....	26
2.4.4 EXEMPLES DE PLANS DE FUMURE	28
2.5 PÉRIODES DE FERTILISATION	29
2.6 RISQUES D'UTILISATION DES MAFOR	30
2.7 RÉGLEMENTATION ET NORMALISATION	32
3 ETAT DES LIEUX EN PROVINCE SUD	37
3.1 VOLUMES ET MODE DE VALORISATION DES MAFOR.....	37
3.2 ENGRAIS MINÉRAUX IMPORTÉS.....	39
3.3 CARACTÉRISTIQUE DES SOLS EN NC	41
3.4 ENQUÊTE AUPRÈS DES ÉLEVEURS ET AGRICULTEURS	42
3.4.1 OBJECTIFS DE LA CONSULTATION	42
3.4.2 MÉTHODOLOGIE ET PERSONNES RENCONTRÉES	42

3.4.3 RÉSULTATS	43
-----------------------	----

4 TRAITEMENT ET VALORISATION DES EFFLUENTS D'ÉLEVAGE- ETAT DE L'ART DES TECHNOLOGIES UTILISABLES EN NOUVELLE-CALÉDONIE

48

4.1 LES FILIÈRES DE VALORISATION.....	49
--	-----------

4.1.1 LE LISIER	49
-----------------------	----

4.1.2 LES FIENTES	50
-------------------------	----

4.1.3 LE FUMIER	50
-----------------------	----

4.1.4 LES SOUS-PRODUITS D'ANIMAUX	51
---	----

4.2 ANALYSE COMPARATIVE DES TECHNIQUES.....	51
--	-----------

4.2.1 EPANDAGE AMELIORE	51
-------------------------------	----

4.2.2 STOCKAGE	54
----------------------	----

4.2.3 SEPARATION DE PHASE DES LISIERS DE PORC.....	55
--	----

4.2.4 COMPOSTAGE.....	58
-----------------------	----

4.2.5 CHAULAGE DES FIENTES.....	63
---------------------------------	----

4.2.6 SECHAGE.....	64
--------------------	----

4.2.7 GRANULATION	67
-------------------------	----

4.2.8 METHANISATION.....	68
--------------------------	----

4.2.9 PRODUCTION DE FARINE DE SPA.....	70
--	----

5 CONCLUSION.....

72

5.1 ADÉQUATION DE LA PRODUCTION AVEC LES BESOINS	72
---	-----------

5.1.1 RAPPEL	72
--------------------	----

5.1.2 ADÉQUATION PRODUCTION / BESOINS.....	73
--	----

5.2 PROPOSITIONS & RECOMMANDATIONS

74

5.2.1 VALORISATION DU LISIER.....	74
-----------------------------------	----

5.2.2 VALORISATION DU FUMIER.....	75
-----------------------------------	----

5.2.3 ANALYSE DES SCENARIOS DE VALORISATION DES FIENTES	76
---	----

6 ANNEXES.....

77

6.1 ANNEXE 1 : COMPTES RENDUS DES ENQUÊTES TERRAIN	78
---	-----------

6.1.1 ENQUÊTE EXPLOITANTS AVICOLES.....	78
---	----

6.1.2 ENQUÊTES EXPLOITANTS PORCINS	79
--	----

6.1.3 ENQUÊTES EXPLOITANTS AGRICOLES	80
--	----

6.1.4 ENQUÊTES AUTRES	81
-----------------------------	----

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LES FIGURES

Figure 1 - Panorama des principales activités agricoles (PPAP)	11
Figure 2 - Localisation géographique des exploitations agricoles de la province sud (DDR).....	12
Figure 3 - Filières prioritaires de la PPAP (DDR)	12
Figure 4 : Rôle du carbone organique des sols (ADEME).....	16
Figure 5 : Exemple de bilan humique (CA Bretagne)	19
Figure 6 : Équilibre des apports d'azote (UNIFA).....	21
Figure 7 : Plan de fumure exemple Maïs et betteraves (UNIFA)	28
Figure 8 : Plan de fumure d'une prairie (Farruggia)	29
Figure 9 - Perte d'azote ammoniacal selon les conditions climatiques et le matériel utilisé	31
Figure 10 : Dénomination des matières et teneurs minimales (NFU)	33
Figure 11 : Distance réglementaire d'épandage (CA Bretagne)	35
Figure 12 : Enjeux dans la gestion des MAFOR (CA Bretagne).....	35
Figure 13 : Analyse FFOM des MAFOR (Assises Provinciales).....	39
Figure 14 : Quantité d'éléments fertilisants importés (Données CA)	40
Figure 15 : Quantité d'engrais par commune (Données CA).....	40
Figure 16 : Prix des principaux engrains – prix au kg / sac / à la tonne (Données CA)	41
Figure 17 : Carte des quantités de fiente et fumier par producteurs.....	43
Figure 18 : Carte des quantités de lisier par exploitation.....	44
Figure 19 : Carte des surfaces agricoles	46
Figure 20 : Schéma de valorisation du lisier	49
Figure 21 : Schéma de valorisation des fientes	50
Figure 22 : Schéma de valorisation du fumier.....	50
Figure 23 : Schéma de valorisation des sous-produits animaux	51
Figure 24 : Épandage lisier avec enfouissement et épandeur à fumier avec table	52
Figure 25 : Pertes d'azote en fonction des modes de stockage ou compostage (Delabrosse)	54
Figure 26 : Photo tamis statique, vis compacteuse mobile et centrifugeuse	57
Figure 27 : Plateforme de compostage – Compost bâchés (Ademe)	58
Figure 28 : Compostage au champ (photo Weill)	61
Figure 29 : Broyeur de déchets verts La coulée (Mont d'Or - csp)	61
Figure 30 : Séchage de fientes sous hangar (Itavi).....	61
Figure 31 : Composteur BIOMAX (Biomax)	62
Figure 32 : Mélangeur boues/chaux (Sodimate)	64
Figure 33 : Unité de séchage granulation (Dorset)	64
Figure 34 : Tunnel séchage (Big Dutchman).....	65
Figure 35 : Exemples séchage (VDL Agrotech)	66
Figure 36 : Sécheur direct avec gazéificateur biomasse	66
Figure 37 : Serre pour le séchage des boues (Hélantis)	67
Figure 38 : Schéma unité de granulation 1,5 t/h	68
Figure 39 : Digesteur béton ou couverture flottante sur fosse existante	69
Figure 40 : Épurateur/compresseur 1 m3/h	69
Figure 41 : Construction digesteur de 10 m3 / Digesteur souple	70

Figure 42 : Unité de production de farine OCEF	71
Figure 43 : Pourcentage des fractions azotées dans les différents effluents d'élevage.....	72

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Objectifs de la Politique Agricole pour les filières hors sol et impact sur les déchets organiques produits	2
Tableau 2 - Répartition des flux de déchets organiques en 2011 (DENV)	13
Tableau 3 : Scénarios de valorisation (DENV)	14
Tableau 4 : Sources de bio déchets en 2013 (DENV).....	15
Tableau 5 : Projets de valorisation énergétique identifiés (DENV)	15
Tableau 6 : Apport de matière organique en fonction de la MAFOR (CA Bretagne 2006).....	18
Tableau 7 : Disponibilité de l'azote pour les MAFOR (CA Bretagne).....	20
Tableau 8 : Composition des MAFOR à la Réunion (Chambre agriculture Réunion 2017)	23
Tableau 9 : Composition des MAFOR en Nouvelle Calédonie (ADEME, DDR Nouvelle-Calédonie).....	23
Tableau 10 : Apports fertilisants et amendants en fonction des MAFOR (CA Bretagne)	23
Tableau 11 : Fertilisation en cultures légumières (CA Réunion).....	26
Tableau 12 : Fertilisation du fourrage (CA Réunion)	26
Tableau 13 : Rendement des pâturages en NC (CA Nouvelle Calédonie)	27
Tableau 14 : Exportations des pâturages (Soltner)	27
Tableau 15 : Période de fertilisation du Maïs (CA Nouvelle Calédonie)	30
Tableau 16 : Période de production des prairies (CA Nouvelle Calédonie)	30
Tableau 17 : Pertes d'éléments pour un fumier stocké au champ (Source Agrobio47).....	31
Tableau 18 : Liste des personnes et société rencontrées	42
Tableau 19 : Synthèse des projets en cours ou envisagés par les exploitants pour la gestion de leurs déchets hors-sol	47
Tableau 20 : Coût des équipements et des prestations par CUMA (FR CUMA Centre).....	53
Tableau 21 : Pertes en éléments fertilisants (Paillat INRA)	59

1 CONTEXTE : ORIENTATIONS DONNÉES PAR LES DIFFERENTS OUTILS DE PLANIFICATION

La Nouvelle-Calédonie, archipel d'Océanie, compte environ 250 000 habitants pour une superficie de 18 575 km². Le territoire est découpé en trois Provinces : deux Provinces peu peuplées et peu denses (la Province des Iles et la Province Nord) et la Province Sud qui rassemble l'essentiel de la population et des activités hors activités minières, en particulier au niveau du Grand Nouméa sur lequel vivent les deux tiers des Néo-Calédoniens.

Les espaces naturels se caractérisent par la présence d'un vaste lagon et de mangroves renfermant une biodiversité particulièrement riche, avec des espèces marines en danger comme les tortues, les dugongs, les baleines et autres mammifères marins. Inscrits depuis 2008 au patrimoine mondial de l'UNESCO, les lagons de Nouvelle-Calédonie représentent le deuxième ensemble corallien mondial. Dans un ensemble territorial où la préservation environnementale est une clé pour l'avenir, la gestion des déchets revêt un caractère stratégique (Schéma Provincial de Prévention et de Gestion des Déchets 2018 – 2022).

L'économie insulaire néo-calédonienne repose en bonne partie sur l'importation de biens de consommation. L'économie circulaire représente une visée logique et pertinente pour mieux orienter les efforts collectifs en réponse aux enjeux de développement durable du territoire.

La province Sud s'est inscrite dans une telle dynamique en adoptant en 2017 :

- « Politique Publique Agricole Provinciale à horizon 2025 » (PPAP), qui vise à augmenter l'autosuffisance alimentaire et à diminuer la dépendance aux intrants importés (engrais, amendements, etc.)
- « Schéma pour la Transition Énergétique de la province Sud »(STEPS), qui met en avant des solutions de production d'électricité vertueuses d'un point de vue environnemental et cible des objectifs de valorisation énergétique de la biomasse et des déchets organiques (biogaz issu de méthanisation).
- « Schéma Provincial de Prévention et de Gestion des Déchets 2018 – 2022 »(en cours de validation) qui vise à permettre une meilleure valorisation des déchets dans le cadre de l'économie circulaire.

1.1 SCHÉMA PROVINCIAL PRÉVENTION ET DE GESTION DES DÉCHETS 2018–2022 (VERSION PROVISOIRE)

L'objectif 13 vise à augmenter la part valorisée des déchets organiques.

Les déchets concernés par cet objectif sont :

- Les déchets verts des activités économiques ;
- Les déchets verts issus des ménages et assimilés ;
- Les boues de STEP ;
- Les effluents d'élevage ;
- Les déchets carnés ;
- les déchets organiques des industries agro-alimentaires (IAA) ;

- Les autres déchets organiques divers : cartonnettes, cartons, papiers, déchets organiques issus de dégrilleur, huiles alimentaires usagées.

Plus précisément, il est envisagé :

- 80 % de déchets organiques valorisés d'ici 2022 (hors épandage des effluents d'élevage)
- 100% de déchets verts valorisés d'ici 2022
- 75% de valorisation de boues de stations d'épuration (STEP) d'ici 2022
- 10 % des effluents d'élevage entrant dans une production d'amendement/fertilisant organique d'ici 2022
- 100 % des effluents d'élevage épandus dans le cadre de plans d'épandage approuvés d'ici 2022
- 15 % des bio-déchets issus des ménages, de la restauration, des IAA et de la distribution valorisés d'ici 2022

1.2 SCHÉMA POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DE LA PROVINCE SUD

Les objectifs sont de deux ordres :

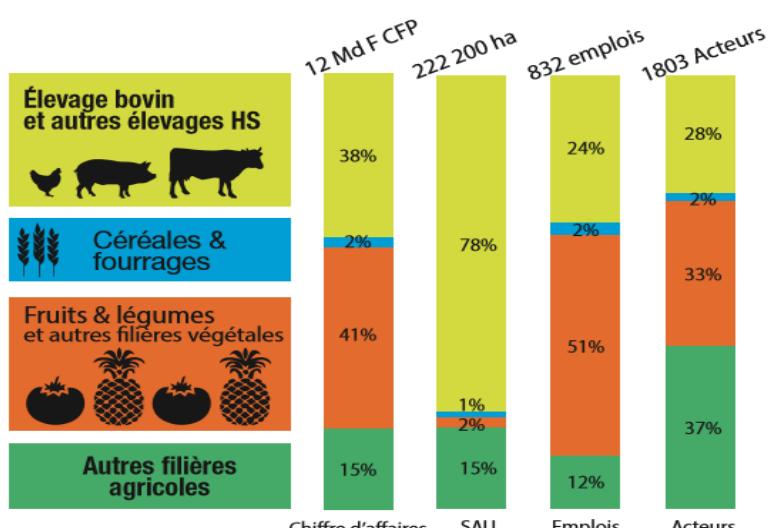
- d'une part des objectifs de valorisation de la biomasse en énergie électrique, dans des conditions acceptables pour le système électrique, avec 20 000 tonnes de déchets agricoles valorisés à hauteur de 10 GWh/an
- d'autre part, la valorisation de biogaz à hauteur de 20 GWh/an à l'horizon 2025.

1.3 POLITIQUE PUBLIQUE AGRICOLE PROVINCIALE À HORIZON 2025

La Politique Publique Agricole a été guidée par un ensemble de constats alarmants :

- taux de couverture des besoins alimentaires en déclin (15% en volume)
- une dépendance forte aux importations en accroissement
- une population agricole vieillissante et non renouvelée
- une baisse de la surface cultivée (-15% en 10 ans).

Une synthèse de la filière est présentée ci-dessous (source PPAP)



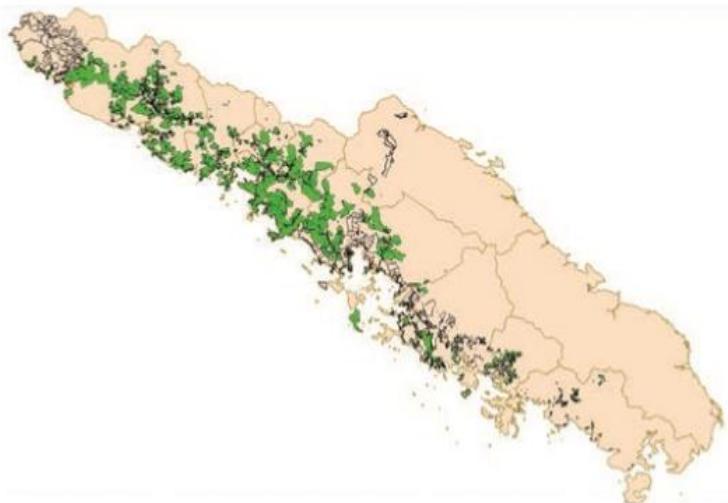
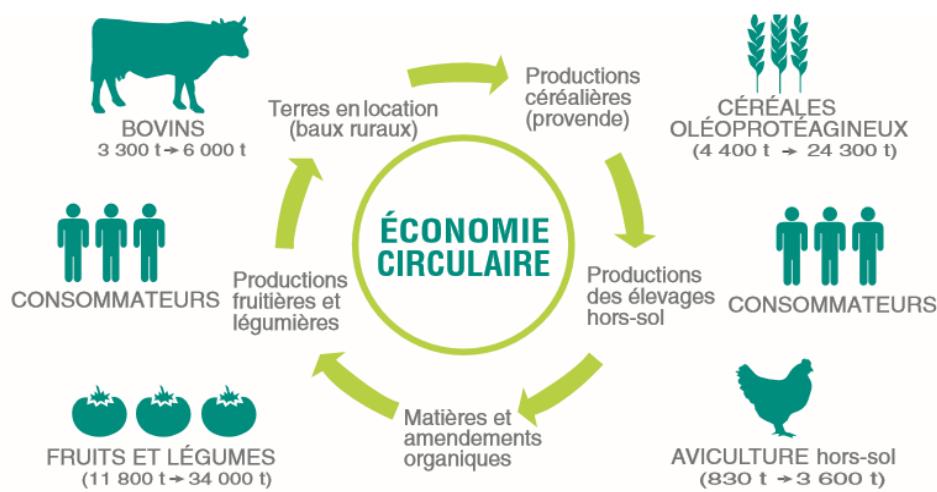


Figure 2 - Localisation géographique des exploitations agricoles de la province sud (DDR)

Les quatre filières prioritaires identifiées par la PPAP sont les filières bovine, avicole, céréales et fruits et légumes avec un ensemble d'objectifs chiffrés.



(Source : DDR - province Sud, 2016)

Figure 3 - Filières prioritaires de la PPAP (DDR)

La filière céréales est encore très déficitaire et la NC dépendante des importations. Plus de 40 000 tonnes de céréales sont importées pour la provende. Le Mais, l'unique céréale produite ne couvre que 9% de la demande, l'objectif est de satisfaire 38% des 64 000 tonnes qui seront consommés en 2025. Cela représente une superficie de 4000 ha soit 3200 ha en plus en 10 ans.

L'intégration des activités d'élevage au développement des céréales va nécessiter une évolution des métiers et des mentalités. **Il existe aujourd'hui un véritable cloisonnement entre les professionnels du monde animal et ceux du végétal.**

Le constat est fait que la fertilité du sol n'est pas assez prise en compte avec des restitutions de matières organiques qui sont faibles, voire inexistantes, du fait de bases agronomiques quelque peu oubliées et les ressources organiques locales demeurent inexploitées au profit d'apports d'engrais chimiques. Avec la PPAP, la province Sud milite encore davantage pour diffuser l'information et améliorer la technicité des agriculteurs autant que de ses agents.

La province Sud a octroyé des aides à l'achat de semences aux éleveurs bovins pour l'installation de pâturages améliorés. Mi 2016, les surfaces concernées représentaient 4000 ha sur les communes de La Foa, Boulouparis et Bourail.

Au niveau de la filière avicole, la PPAP prévoit de valoriser en agriculture 80% des déchets de la filière avec la création d'une filière de valorisation et d'un service public d'équarrissage.

1.4 STRUCTURATION DES FILIÈRES DE GESTION DES DÉCHETS ORGANIQUES EN PROVINCE SUD (2014)

Dans le cadre de la modernisation des filières de gestion des déchets, la Direction de l'Environnement de la province Sud (DENV) a déployé en 2013 un vaste plan d'action avec pour objectif d'aboutir à un plan de gestion provincial des déchets. Un ensemble d'études ont été réalisés en vue de définir des scénarios de gestion des déchets organiques.

Le gisement total de déchets organique identifié à l'échelle de la Province Sud est de 112 350 tonnes par an (hors résidus de culture et défrichements), répartis sur 11 catégories de déchets organiques produits par les ménages, les collectivités ou les entreprises privées.

Tableau 2 - Répartition des flux de déchets organiques en 2011 (DENV)

Type de déchet organique	Gisement annuel (tonnes/an)	% du gisement global	Fiabilité de la donnée
Lisiers de porc	32 000	28,4	3./5
Fientes de poules	6 000	5,3	3./5
Déchets verts	26 500	24,5	4./5
Bio-déchets des ménages	12 000	11,5	5./5
Matières de vidange	12 900	10,7	4./5
Déchets de l'IAA	10 800	9,6	3./5
Déchets carnés et déchets de poisson	2 200	2	3./5
Boues de STEP	4 500	3,8	4./5
Déchets de la restauration	650	0,6	2./5
Déchets de la grande distribution	4 200	3,7	4./5

Le scénario retenu est présenté ci-dessous :

Tableau 3 : Scénarios de valorisation (DENV)

SCENARIO 1		
	Zone urbaine	Zone rurale
Déchets verts	1 à 2 plateformes de compostage centralisé	3 à 4 plateformes de compostage de proximité sur les communes du SIVM Sud
Boues de STEP	1 à 2 plateformes de co-compostage de la totalité des boues de l'agglomération	Epandage ponctuel des boues brutes
Matières de vidange	Traitement des matières de vidange en entrée de STEP	Séchage mécanique ou solaire et épandage
Lisiers	Epandage direct avec encadrement des pratiques Projet pilote de micro-méthanisation	
Fientes	Séchage puis intégration au compost dans une unité de formulation afin de produire des engrains organiques	Epandage direct avec ou sans séchage préalable
Déchets de poisson	Production de farine alimentaire ou incorporation aux engrains organiques dans l'unité de formulation et à moyen terme possible incorporation au traitement des biodéchets	
Déchets carnés	Production de farine alimentaire ou incorporation aux engrains organiques dans l'unité de formulation	

Définition du scénario 1

L'étude sur la ressource biomasse énergie (2013) a identifié les sources suivantes de bio-déchets :

Tableau 4 : Sources de bio déchets en 2013 (DENV)

Déchets alimentaires, agricoles ou agroalimentaires par source et type

Source	Type de déchet organique	Quantité (t/an)	Traitements actuels
Sodexo-Restauration française	Reste de repas	215	ISDND Gadji, mélangés avec les emballages, mais tri possible
Sodexo-Site de Goro	Reste de repas	750	ISDND Gadji, mélangés avec les emballages, mais tri possible
Aviculture	Abats, carcasses...	200	
Culture céréales	Résidus (pellicules, feuilles...)	20 à 60	inconnu
Culture café	Résidus (pellicules)	10 à 20	inconnu
Marché La Moselle (pêche)	Déchets de poissons	300	Poubelle tout venant
Pêche hauturière	Déchets de poissons	600 à 800	Jetés à la mer, mis en décharge ou incinéré
OCEF (Abattoir Bourail)	Sang	194	Lagunage
	Viscères, saisies et os	1019	UVSA avec valorisation
OCEF (Abattoir Païta)	Sang	113	Lagunage
	Viscères, saisies et os	178	ISDND Gadji
OCEF (Centre de tri pommes de terre Bourail et La Foa)	Rebuts	150 à 400	ISDND Gadji ou alimentation animale
OCEF (Centre de conditionnement pommes de terre Nouméa)	Rebuts	200	ISDND Gadji ou alimentation animale
OCEF Viande Nouméa	Viscères, saisies et os	178	ISDND Gadji
Culture Squash	Résidus	200	Décharge
Restaurateurs	Huiles alimentaires	100 à 140	Collecte par Pacifique Vidange puis utilisées dans des groupes électrogènes sur les îles d'Ouen et de Lifou

Les projets identifiés lors de cette étude sont listés ci-dessous :

Tableau 5 : Projets de valorisation énergétique identifiés (DENV)

Site	Type de projet	Critère d'analyse					TOTAL
		Ressource	Technologie	Intérêt énergétique	Portage	Acceptation sociale	
Nouville	Méthanisation	3	2	3	1	2	11
Bourail	Méthanisation	2	1	2	2	2	9
Maré	Vapeur ORC	1	2	2	3	2	10
Koné	Vapeur ORC	1	1	3	1	2	8
Médipôle	Vapeur ORC	2	2	3	0	3	9

2 VALORISATION DES MATIÈRES FERTILISANTES D'ORIGINE RÉSIDUAIRE – PRINCIPES GÉNÉRAUX ET CONTEXTE LOCAL

Les matières fertilisantes d'origine résiduaire (MAFOR) regroupent les effluents d'élevage et les boues d'épuration méthanisées ou non, ou d'autres déchets organiques urbains et effluents industriels. Riches en matières organiques et en nutriments (N, P, K), elles sont utilisées pour amender les sols et fertiliser les cultures.

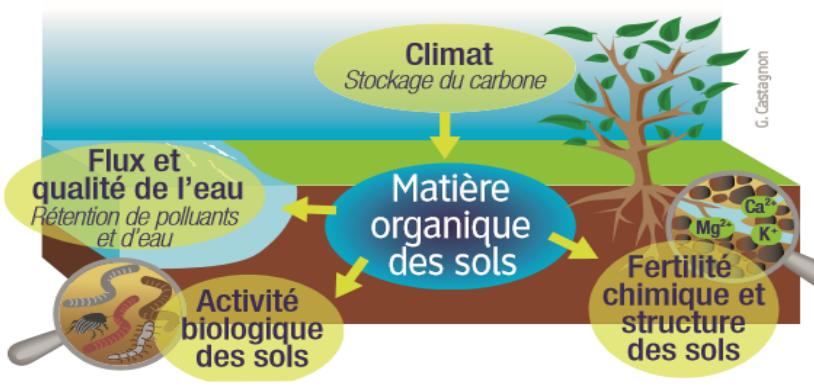
En contribuant au maintien des stocks de carbone dans les sols et à la substitution d'engrais de synthèse, leur valorisation agronomique fait partie des leviers de l'agriculture pour la lutte contre le changement climatique et pour la préservation de la qualité des sols. Elle s'inscrit également dans les principes de l'économie circulaire.

Néanmoins, la présence de contaminants métalliques, biologiques et/ou organiques suppose le respect rigoureux des réglementations et des bonnes pratiques. Elles sont en effet essentielles pour limiter les risques sanitaires et environnementaux (Matières fertilisantes organiques : gestion et épandage – ADEME 2018)

2.1 RÔLE DES MAFOR

2.1.1 FACTEUR DE BONNE TENUE ET DE QUALITÉ DES SOLS

En s'associant à l'argile, les matières organiques accroissent la stabilité du sol et jouent le rôle d'éponge pour retenir l'eau et de nombreux éléments nutritifs. La porosité du sol est améliorée, l'eau et l'air circulent mieux dans le profil du sol colonisé par les racines. Néanmoins, les ions nitrate et phosphate, libérés suite au processus de minéralisation peuvent être transférés vers les eaux souterraines par lixiviation, s'ils ne sont pas assimilés par les plantes, car peu retenus par le complexe argilo-humique du sol. Les matières organiques présentes dans le sol jouent aussi le rôle de filtre temporaire en stockant des contaminants. La reconstitution régulière du stock de matière organique du sol par des végétaux et des mafor est essentielle pour préserver les bénéfices environnementaux et agronomiques du sol.



Le rôle du carbone organique des sols

Source : Brochure Ademe - Carbone organique des sols : l'énergie de l'agro-écologie, une solution pour le climat.

Figure 4 : Rôle du carbone organique des sols (ADEME)

2.1.2 UNE VALEUR NUTRITIVE INCONTESTABLE MAIS VARIABLE

Les trois éléments nutritifs indispensables à la croissance des cultures - l'azote, le phosphore et le potassium - ainsi que les oligo-éléments sont présents dans les mafor, à des teneurs variables :

- entre 2,2 et 35 kg par tonne de produit brut pour l'azote,
- 1 à 37 kg/t pour le phosphore
- et 0,8 à 24 kg/t pour le potassium.

Contrairement aux engrains minéraux, leurs teneurs varient selon la nature, l'origine et le traitement éventuel subi. Les MAFOR sont pour la plupart organiques et leur dégradation dans le sol dépend de l'activité biologique de celui-ci.

2.1.3 STIMULATION DE L'ACTIVITÉ BIOLOGIQUE DU SOL

Les MAFOR nourrissent les organismes vivants, lesquels rendent de nombreux services : vers de terre pour structurer le sol, favorisant ainsi la circulation de l'eau et de l'air, bactéries et champignons pour dégrader la matière organique, nématodes pour réguler la population des micro-organismes...

2.2 GÉRER LA FERTILISATION ORGANIQUE : LES RÈGLES DE BASE

La biodégradabilité de la matière organique détermine la valeur amendante, qui correspond à la partie difficilement biodégradable. À l'inverse, la partie facilement biodégradable de la matière organique donne la valeur fertilisante, via la proportion d'azote minéral et à la vitesse de minéralisation.

Les fientes et les lisiers ont une **valeur fertilisante azotée importante**, proche des engrains minéraux, mais une valeur amendante faible. L'épandage se fait sur une culture en croissance. Environ 50 % de l'azote absorbé par la culture sera ensuite disponible pour la suivante, après enfouissement et décomposition. Les composts et biodéchets sont reconnus pour leur valeur amendante. Ils ont une très faible disponibilité immédiate de l'azote et peuvent être épandus à tout moment de l'année.

2.2.1 APPORT DE MATIÈRE ORGANIQUE

Les matières organiques ont un rôle important sur les propriétés physiques et chimiques du sol. On peut estimer les pertes en matières organiques d'un sol à environ 1 200 à 1 700 kg/an.

Selon le CIRAD, au sein des systèmes maraîchers tropicaux, on observe des pertes importantes de MO, et en Guadeloupe, elles peuvent atteindre 2 tonnes de carbone organique par an.

Ces pertes peuvent en partie être compensées par les restitutions des cultures (pailles enfouies par exemple). Un travail du sol moins intensif a un impact sur la limitation des pertes de MO.

On détermine la contribution de ces effluents dans le bilan humique grâce à l'ISMO (Indice de Stabilité de la Matière Organique).

Plus l'ISMO est élevé, plus le produit fournira au sol de la matière organique stable. Ainsi, les composts et les fumiers de bovins présentent un intérêt important pour la matière organique des sols alors que les lisiers et effluents de volailles ne présentent que peu, voire aucun, intérêt sur ces paramètres.

Tableau 6 : Apport de matière organique en fonction de la MAFOR (CA Bretagne 2006)

Produits	Dose agronomique conseillée	Apport total de MO, à cette dose agronomique	Apport de MO stable (humus) à cette dose agronomique	% de carbone minéralisé en 91 jours	Apport de MO rapidement dégradable dans le sol
Compost de DV	30 T/ha	8 T/ha	4 T/ha	10 %	Environ 0,8 T
Compost de litière (sciure) de porc	20T/ha	6,5 T/ha	4 T/ha	11 %	Environ 0,7 T
Fumier de bovin	30 T/ha	5 T/ha	2 T/ha	22 %	Environ 1,1 T
Compost urbain mixte	30 T/ha	6,5 T/ha	1,9 T/ha	20 %	Environ 1,3 T
Compost de fumier de bovin	25 T/ha	5 T/ha	1.75 T/ha	14 %	Environ 0,7 T
Compost de LP + DV	20T/ha	4 T/ha	1,7 T/ha	5 %	Environ 0,2 T
Compost de litière (copeau) de dinde	7 T/ha	3 T/ha	1,5 T/ha	30 %	Environ 0,9
Compost de MIATE	10 T/ha	3 T/ha	1,3 T/ha	10 %	Environ 0,3 T
Compost de litière (paille) de poulet	7 T/ha	3 T/ha	1 T/ha	40 %	Environ 1,2 T
Compost de LP + paille	20T/ha	2,6 T/ha	1 T/ha	12 %	Environ 0,3 T
Fumier de volaille	7 T/ha	3,5 T/ha	0,9 T/ha	48 %	Environ 1,6 T
Fientes de volailles déshydratées	4 T/ha	2,3 T/ha	0,4 T/ha	Abs de données	
Déshydraté de LP	4 T/ha	1,8 T/ha	Abs de données	Abs de données	
Issues de centrifugation de LP	4 T/ha	1 T/ha	0,35 T/ha	12 %	Environ 0,1 T

EXEMPLE D'UN BILAN HUMIQUE APPLIQUÉ À L'ÉCHELLE D'UN CHAMP

DONNÉES DE BASE

Superficie du champ: 1 ha
Teneur en matière organique: 3,1 % (échantillon de sol prélevé à l'automne 1998)
Texture du sol: sableuse
Travail du sol: labour sur une profondeur de 17 cm
Densité apparente du sol: 1,4 tonne/m³ (voir la note a)

RÉSERVE INITIALE DU SOL EN MATIÈRE ORGANIQUE (AUTOMNE 1998)

À une profondeur de 17 cm, le volume de sol représente 1 700 m³ pour une superficie de 1 ha (10 000 m²/ha × 0,17 m × 1 ha). En considérant sa densité apparente, ce volume a un poids de 2 380 tonnes (1 700 m³ × 1,4 tonne/m³). Comme la teneur en matière organique du sol est de 3,1 %, sa réserve totale en matière organique est donc de 73,8 tonnes (2 380 tonnes × 3,1 %).

ÉVOLUTION PROBABLE DE LA RÉSERVE DU SOLEIL EN MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL

Année	Culture et amendements organiques apportés	Calcul des apports et des pertes (tonnes)		État de la réserve du sol (tonnes)
1998		Réserve initiale (début de saison)		73,8
1999	Maïs-grain Aucun amendement organique	Apports	Résidus de culture ¹⁰	+ 1,2
		Pertes	Minéralisation ¹⁰	- 1,7
		Bilan		73,3
2000	Maïs-grain 30 tonnes/ha de fumier pailleux appliquée l'automne précédent	Apports	Résidus de culture ¹⁰	+ 1,2
			Fumier pailleux ¹⁰	+ 1,9
		Pertes	Minéralisation ¹⁰	- 1,7
Bilan				74,7
2001	Soya Aucun amendement organique	Apports	Résidus de culture ¹⁰	+ 0,8
		Pertes	Minéralisation ¹⁰	- 1,7
		Bilan		73,8
2002	Céréales de printemps (paille récoltée) Aucun amendement organique	Apports	Résidus de culture ¹⁰	+ 1,2
		Pertes	Minéralisation ¹⁰	- 1,7
		Bilan		73,3
2003	Maïs-grain Aucun amendement organique	Apports	Résidus de culture ¹⁰	+ 1,2
		Pertes	Minéralisation ¹⁰	- 1,7
		Bilan		72,8
2004	Maïs-grain Aucun amendement organique	Apports	Résidus de culture ¹⁰	+ 1,2
		Pertes	Minéralisation ¹⁰	- 1,6
		Bilan		72,4

Figure 5 : Exemple de bilan humique (CA Bretagne)

Par exemple, l'épandage de 30 t de fumier de bovins bien décomposé apporte approximativement : 3 420 kg de matière organique stable (30 t x 190 kg/t x 60 %) Ceci permet de couvrir les besoins d'une rotation sur 3 ans.

En Nouvelle-Calédonie, les teneurs en matière organique des vertisols sont satisfaisantes mais le non renouvellement du stock conduit à une baisse importante comme cela a été observé en Bretagne avec une baisse de 15% sur une période de 10 ans ou en Beauce avec une baisse de 50% en 16 ans passant de 4 à 2% ! (Balesdent 1996 INRA)

2.2.2 AZOTE

L'azote est présent sous trois formes :

- sous forme minérale : cette fraction de l'azote est absorbable par les plantes la première année après l'apport, et participe ainsi à la nutrition des cultures.
- sous une forme organique, qui constitue un stock assez stable dans le sol. Cette fraction n'est pas absorbable par les plantes telle quelle, mais pourra être minéralisée dans le sol, et ainsi être rendue disponible progressivement les années suivantes
- sous forme gazeuse : la volatilisation d'ammoniac (NH₃) ou d'oxyde d'azote (N₂O) a lieu essentiellement pendant ou juste après épandage. Elle peut être importante (50 % de l'azote apporté) selon les conditions d'épandage (matériel, météorologie, couverture du sol, ...) et selon l'effluent.

Pour calculer la dose d'azote apportée par un lisier ou un fumier, il faut connaître le coefficient d'équivalence engrais azoté pour la culture considérée (les ratios communément admis sont de 0,60 pour un lisier sur blé et 0,20 pour un fumier, mais 0,70 et 0,30 respectivement si la culture est un maïs). Ce coefficient d'équivalence permet de calculer la masse d'azote ammonitraté qui aurait le même effet fertilisant que la masse d'azote total du lisier.

Tableau 7 : Disponibilité de l'azote pour les MAFOR (CA Bretagne)

Produits à effet azoté fort :

Nom produit	N immédiatement disponible	N disponible à moyen terme	N disponible à long terme
Fumier de dinde sur sciure composté	75%		25%
Fumier de volaille composté	50%		50%
Fiente de volaille	5%	50%	45%
Fumier de volaille	70% (Ziegler)	20%(Ziegler)	10%(Ziegler)

Produits à effet azoté moyen :

Nom produit	N immédiatement disponible	N disponible à moyen terme	N disponible à long terme
Fumier de bovin	10%(Ziegler)	25%(Ziegler)	65%(Ziegler)
Issues de centrifugation	8%	27%	65%
Fumier de bovin composté	17%	13%	70%
Compost de MIATE	12%	13%	75%
Compost de litière de porc sur sciure	20%	5%	75%
Compost de LP avec paille	7%	18%	75%
Déshydraté de LP	5%	15%	80%
Compost de LP avec DV	5%	15%	80%

Produits à effet azoté faible à nul :

Nom produit	N immédiatement disponible	N disponible à moyen terme	N disponible à long terme
Compost de DV	0 à 5 %		95 à 100%
Compost urbain	0 à 5 %		95 à 100%

Le cycle de l'azote dans une parcelle cultivée peut être représenté par :

1° les flux qui alimentent le stock d'azote minéral dans le sol :

- la minéralisation de l'humus, de la biomasse microbienne, des résidus de culture et des produits résiduaires organiques
- la fixation symbiotique des légumineuses et la fixation libre de diazote N₂ ()
- les apports d'azote minéral des engrains et des fertilisants organiques (fumiers, lisiers)
- les dépôts atmosphériques par voie sèche ou humide

2° et les flux qui contribuent à le diminuer :

- l'exportation par les récoltes
- l'organisation de l'azote minéral dans la biomasse microbienne
- les pertes par volatilisation de l'azote ammoniacal
- Les pertes gazeuses au cours des processus biologiques de dénitrification et de nitrification
- Les pertes par lixiviation de l'azote nitrique

(Calcul de la fertilisation azotée, Comifer, 2013)

L'évaluation de la quantité de lisier à épandre sur une culture, par exemple, s'effectue en deux temps. On calcule d'abord la dose totale d'azote engrains minéral nécessaire pour satisfaire les besoins en azote de la plante. On évalue ensuite la quantité de MAFOR ayant le même effet sur la culture que la dose d'azote engrains minéral calculée précédemment. Et enfin on calcule la quantité d'azote qui sera apporté par la minéralisation de l'humus (apports organiques les années précédentes), résidus de cultures...

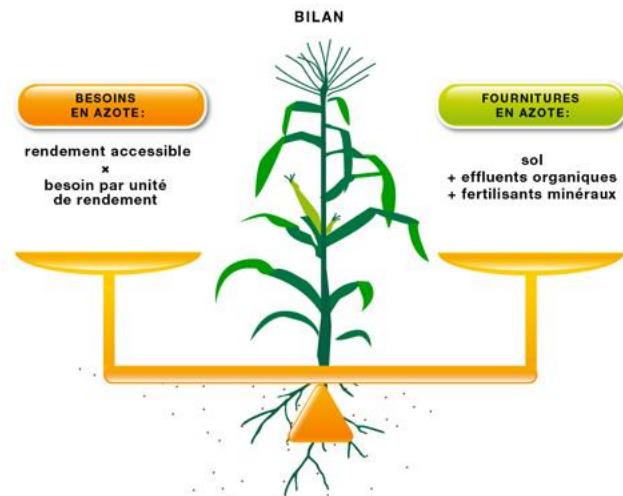


Figure 6 : Équilibre des apports d'azote (UNIFA)

2.2.3 POTASSIUM ET PHOSPHORE

Le potassium est presque exclusivement contenu dans les urines. Quel que soit l'espèce, il est entièrement sous forme de sels minéraux, solubles à plus de 80 % dans l'eau. En conséquence, la disponibilité par rapport aux cultures est très bonne, comparable à celle d'un engrais minéral. Son coefficient d'équivalence engrais est estimé à 1. Le potassium minéral provenant des déjections va être soit utilisé par les cultures en place, soit fixé sur les argiles par adsorption. (IFIP 1998)

Pour les lisiers de porcs, environ 80 % du **phosphore** total se trouve sous forme minérale, ce qui en fait un élément rapidement utilisable par les plantes. Son coefficient d'équivalence engrais est estimé à 0,85. Le phosphore est surtout contenu dans les parties solides des déjections animales. (IFIP 1998)

Selon l'étude de ORSTOM (Botton, 1970), en Nouvelle-Calédonie les sols sont carencés en acide phosphorique. Selon la loi du Minimum, à un niveau de teneur donnée du sol en éléments majeur N,P,K c'est l'élément qui est contenu dans celui-ci en moindre quantité qui régit l'assimilation des autres. Les travaux de recherches menés par ORSTOM dans les années 70 ont conclut

- Inutilité voir perte d'argent en utilisant des engrains azotés ou potassiques en l'absence de fertilisation Phosphatée
- Obligation avant toute autre chose d'appliquer une fumure de fond phospho-potassique à incorporer au sol dès les premiers travaux de préparation
- Risque élevé de perte par lessivage

Le calcul de la dose s'effectue aussi en fonction de l'apport d'azote directement assimilable. À titre d'exemple, couvrir les besoins en azote d'un blé uniquement avec du fumier impliquerait d'en apporter des quantités considérables : cela conduirait à des apports très largement excédentaires en phosphore et en potasse mais aussi en contaminants métalliques (cadmium, cuivre...). Pour les produits qui contiennent moins d'azote, tels que les fumiers et les composts, c'est souvent l'apport de phosphore qui va limiter la dose à épandre, afin de respecter l'équilibre de la fertilisation.

Lorsqu'une espèce est cultivée pour ses graines (blé, maïs, colza, tournesol...), l'essentiel du phosphore prélevé par la culture est présent dans le grain et donc exporté. En revanche, la majorité du potassium (80 à 90 %) est présent dans les tiges et les feuilles, sous une forme très soluble. Au cours des premières phases de décomposition des résidus, ce potassium est libéré sous une forme identique à celle d'un engrais potassique. La restitution des résidus de récolte du précédent équivaut donc à un apport important de K₂O.

2.2.4 CALCIUM

Il est exceptionnel que le sol n'assure pas une alimentation calcique convenable à la plante, car même les terrains très pauvres contiennent des quantités suffisantes pour assurer les besoins alimentaires des plantes, compris entre 25 et 100 kg de calcium par hectare.

Mais le calcium intervient surtout sur le pH et l'efficacité du complexe argilo-humique du sol : c'est son rôle, essentiel, d'amendement.

La pleine efficacité des fumures minérales ne s'obtient que sur des terres en bon état calcique.

Le besoin en chaux est déterminé au laboratoire par la mesure du pH et du taux de saturation de la C.E.C. (capacité d'échange cationique)

Les pertes en CaO sont dues :

- au caractère acidifiant des engrains : 100 kg de 17-17-17 entraînent une perte de 21 kg CaO, 100 kg d'ammonitrat de 33 kg CaO, et 100 kg d'urée de 46 kg CaO.
- au prélèvement par les récoltes de 40 kg pour les céréales, 120 kg pour la pomme de terre et jusqu'à 250 kg pour la luzerne.
- à l'entraînement par les eaux de pluie chargées de gaz carbonique et de soufre.

Au total, ces pertes varient en culture intensive de 400 à 800 kg CaO.

2.3 COMPOSITION DES MATIÈRES ORGANIQUES

La composition des matières organiques est présentée ci-dessous pour la Réunion et en Nouvelle Calédonie sur la base de quelques analyses : ISMO et composition (kg/t de produit brut).

Entre parenthèse, il est précisé le coefficient d'équivalence engrais.

Tableau 8 : Composition des MAFOR à la Réunion (Chambre agriculture Réunion 2017)

	ISMO	N	P	K	CaO	MgO
Compost déchets verts	20 à 60	9,1 (<0,1)	4,3 (0,5)	5,8 (1)	20,9 (1)	9 (1)
Compost fumier de poulet et lisier de porc		7,7 (0,15)	13,2 (0,65)	7,9 (1)	13 (1)	4,3 (1)
Compost fumier poulet de chair	40 à 60	24,7 (0,4)	17,3 (0,65)	19 (1)	23,1 (1)	5,3 (1)
Lisier de porc		3,5 (0,6)	2,3 (0,85)	3,4 (1)	2,1 (1)	1 (1)
Fientes de poules pondeuses	10	51,8 (0,6)	31,4 (0,65)	25,6 (1)	63,6 (1)	9 (1)
Fumier poulet chair	10 à 30	20,3 (0,6)	19,9 (0,65)	18,7 (1)	23,2 (1)	5,8 (1)

Tableau 9 : Composition des MAFOR en Nouvelle Calédonie (ADEME, DDR Nouvelle-Calédonie)

	ISMO	N	P	K	CaO	MgO
Compost déchets verts (2 analyses sur 2 stations de compostage La Foa et Pouembout)	65 à 91 20 à 30% de MO sur MB	4,8 – 8,2	2,2 – 4,2	5,1 – 5,9		
Lisier de porc (1 analyse)		2,9	2,9	0,9	3,6	1,5
Fientes de poules pondeuses (2 analyses)		13,8 – 31,2 (30)	15,5 – 21,9 (20)	8,6 – 9,5 (10)	8,4 – 44,6 (40)	2,2 - 3,7
Fumier poulet chair (3 analyses)		11 - 43,1 (20)	27,8 – 57,7 (30)	9,5 – 21,7 (15)	26 – 97 (40)	

L'étude sur la caractérisation des fertilisants organiques (CA Bretagne 2006) apporte un ensemble de données techniques sur plusieurs produits transformés :

Tableau 10 : Apports fertilisants et amendants en fonction des MAFOR (CA Bretagne)

	Unité	Fientes volailles	Fumier volailles	Issues centrifugeuse composté	Compost fientes sur copeaux	Compost déchets verts	Compost OM + DV
Dose	T/ha	4	7	4	7	30	30
MO stable	T/ha	0,4	0,9	0,35	1,5	4	1,9
Azote total	Kg/ha	160	175	60	160	240	180
Phosphore	Kg/ha	120	175	200	160	105	150
Potassium	Kg/ha	112	140	30	176	195	207
Calcium	Kg/ha	320	250	190	140	390	1580
Magnésium	Kg/ha	40	35	100	45	105	160
Soufre	Kg/ha	60	60	40	70	80	108

2.3.1 ISSUES DE CENTRIFUGATION LISIER DE PORC COMPOSTÉ

L'apport de 4T/ha d'issues de centrifugation apporte à peine 15 unités d'N efficace sur maïs, mais 200 kg de phosphore total.

L'effet organique sur la structure et la vie du sol sera sûrement faible vu les doses apportées et la stabilité du produit.

L'apport de CaO et surtout de MgO seront à mettre en avant, avant l'apport de K2O.

L'effet phosphore sera donc le seul, pour ainsi dire, à être pris en compte dans la décision d'apport.

Compte tenu des exportations des cultures escomptées (60 à 80 kg en moyenne pour les grandes cultures) la dose pivot pour ces produits sera donc de 4 T/ha tous les deux ans.

2.3.2 FIENTES DE VOLAILLES

L'épandage de 4 T de fientes de poules apporte environ autant d'éléments nutritifs au sol que 7 T de fumier de volaille. La différence se situe au niveau de la quantité de MO apportée, plus importante pour le fumier.

La fiente de volaille sèche est un produit de référence sur le marché des engrains organiques. Quatre T/ha de fientes de poules apportent donc environ 80 à 100 kg d'azote efficace à l'hectare à une culture comme le maïs.

L'apport de CaO, MgO et de K2O est incontestablement à mettre en avant en plus de l'effet fertilisant azoté. A cette dose de 4 T/ha ils couvrent tout ou partie des lessivages et exportations.

Par rapport à l'engrais minéral, l'apport de fientes est sûrement un plus pour la vie du sol grâce à son apport de 2,5 t de MO.

Avec un coefficient d'au moins 75 %, l'apport de 120 kg de P2O5 donnera environ 90 à 100 kg de phosphore assimilable.

La dose pivot d'apport dans une terre normalement pourvue est donc 4 T/ha tous les 1 à 2 ans car l'exportation en phosphore des cultures est d'environ de 40 kg/ha en cultures légumières à 80 Kg en grandes cultures.

2.3.3 COMPOST FUMIER DE VOLAILLES SUR COPEAUX

Le compost de fumier de volaille avec copeaux aura plus un comportement d'engrais que d'amendement.

Du fait de sa bonne disponibilité de l'N (75 % sur l'année), le coefficient d'efficacité du phosphore est égal ou légèrement inférieur à la fiente de volaille pure soit : 50 à 60 % (65 % COMIFER).

L'apport de CaO, de K2O et de matières organiques est incontestablement à mettre en avant, en plus de l'effet fertilisant azoté et phosphaté.

2.3.4 COMPOST DE DÉCHETS VERTS

Le coefficient d'efficacité de l'azote est très faible, voire négatif (faim d'azote) durant plusieurs mois après son incorporation.

L'évolution de ce produit est très lente dans le sol (10 % de carbone minéralisé en 15 mois d'équivalence au champ).

Son action sur les propriétés physiques du sol sera donc plus due à l'effet mécanique de ses particules grossières qu'à des effets sur la flore et faune microbienne et la stabilité structurale.

L'apport d'humus stable est important à une dose agronomique de 30 T/ha (4 T/ha d'humus stable).

L'apport de potasse, calcium et magnésium est important à cette dose. Il doit être mis en exergue.

2.3.5 COMPOST MIXTE DÉCHETS VERTS, BIODÉCHETS ET DÉCHETS FERMENTESCIBLES URBAINS

Le coefficient d'efficacité de l'azote est très faible, voire négatif (faim d'azote) durant plusieurs mois après son incorporation.

L'évolution de ce produit est lente dans le sol (18 % de carbone minéralisé en 15 mois d'équivalence au champ. Ses actions sur les propriétés physiques et biologiques du sol sont dues à la fois à l'effet mécanique de ses particules grossières et à des effets sur la flore et faune microbienne et sur la stabilité structurale. Mais l'action de ce produit sur ces deux derniers paramètres sera d'autant plus faible que le produit sera mûr. L'apport d'humus stable est faible à moyen à une dose agronomique de 30 T/ha (1.9 T/ha d'humus stable).

L'effet apport de CaO est très important à cette dose de 30 T/ha. C'est la première spécificité de ce produit (en plus de l'effet amendement organique).

2.4 EXEMPLES DE FERTILISATION DE QUELQUES CULTURES

2.4.1 MAIS

Les besoins du maïs communément admis sont d'environ 2,2 kg de N/quintal de maïs grain, 45 kg de P/ha et 135 kg de K/ha

Lorsque l'implantation du maïs est précédée d'apports organiques, les besoins en azote minéral en culture sont limités. Si le calcul du bilan le permet, le complément est en moyenne de 30 kg N/ha après un apport de fumier de bovins. Un calcul du bilan prévisionnel indique souvent que ce complément est inutile si ce sont des fumiers de volailles ou des lisiers de porcs qui sont incorporés juste avant l'implantation du maïs.

Les doses de phosphore engrains minéral ou de potassium engrains minéral correspondent à l'exportation de la culture, sous réserve que les apports soient réalisés chaque année.

Comme pour l'azote, l'évaluation de la quantité de lisier correspondante tient compte du coefficient d'équivalence engrains du lisier (0,85 pour P2O5 et 1 pour K2O).

Sur la base de la teneur azotée du lisier, la fertilisation du maïs par le lisier permet de satisfaire les besoins de la plante pour P et K.

2.4.2 CULTURES MARAÎCHÈRES

Toutes les plantes maraîchères sont exigeantes car leur cycle de production est souvent court. En maraîchage, il est important de surveiller la teneur en matière organique du sol. Les interventions de

travail du sol sont nombreuses au cours d'une année et elles ont un effet stimulant sur la minéralisation de la matière organique du sol, ce qui entraîne la destruction du stock organique et la déstructuration du sol. Les conseils de la Chambre d'agriculture de La Réunion préconisent un apport de matière organique amendante, fumier ou compost de l'ordre de 20 t/ha/an.

L'emploi répété d'engrais organique à faible pouvoir humigène entraîne à long terme une diminution du taux de matière organique du sol. Il s'ensuit une baisse des qualités physiques du sol (diminution de la capacité de rétention en eau) et de ses qualités physico-chimiques.

Tableau 11 : Fertilisation en cultures légumières (CA Réunion)

Fertilisations préconisées (kg/ha/cycle) (d'après *les dossiers technico-économiques Cultures maraîchères* de la Chambre d'agriculture de La Réunion).

Cultures	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Autres éléments
Tomate	100 à 130	60 à 80	200 à 250	MgO : 15 à 25
Pomme de terre	130 à 160	100	250 à 300	MgO : 30
Laitue	80 à 100	50 à 70	200 à 250	MgO : 15
Choux	130 à 160	80 à 100	200 à 240	S : 30
Cucurbitacées	80 à 140	60 à 80	140 à 200	MgO : 40 à 60

Le coût de ces composts est rapidement amorti en cultures maraîchères, pour lesquelles le poste de fertilisation n'est pas le plus important (l'un des plus importants est la préparation des plants en pots pour le repiquage) contrairement aux grandes cultures.

2.4.3 CULTURES FOURRAGÈRES ET PÂTURAGES

Les exportations en éléments minéraux d'une parcelle de culture fourragère sont élevées chaque année, étant donné les nombreuses coupes possibles et les fortes productions de matière sèche, qui varient de 10 à 30 t/ha/an. En moyenne, 25 kg de N, 6 kg de P et 25 kg de K20/t de MS.

Tableau 12 : Fertilisation du fourrage (CA Réunion)

Exportations en N, P₂O₅, et K₂O (kg/ha/an) selon le niveau de production en matière sèche.

Matière sèche (t/ha/an)	N fourrage tropical (N fourrage tempéré)	P ₂ O ₅	K ₂ O
10	200 (300)	60	220 à 300
20	400 (600)	120	440 à 600
30	600 (900)	180	660 à 900

En NC le pâturage est essentiellement extensif avec une charge de 0,4 UGB/ha. Le Réseau de suivi des exploitations bovines de la province Sud (2009), Province Sud, Institut Élevage a évalué les rendements des pâturages présentés ci-dessous :

Tableau 13 : Rendement des pâturages en NC (CA Nouvelle Calédonie)

Pâturage	Rendement en kg de MS/ha/an
Parcours / friches (<800 mm)	500
Parcours / friches (800-1000 mm)	750
Parcours / friches (>1000 mm)	1000
Pâturages naturels (<800 mm)	1000
Pâturages naturels (800-1000 mm)	2000
Pâturages naturels (>1000 mm)	2500
Pâturages améliorés < 8 ans (<800 mm)	3500
Pâturages améliorés < 8 ans (800-1000 mm)	5500
Pâturages améliorés < 8 ans (>1000 mm)	7500
Pâturages améliorés > 8 ans (<800 mm)	2000
Pâturages améliorés > 8 ans (800-1000 mm)	3000
Pâturages améliorés > 8 ans (>1000 mm)	4000

Selon Soltner les exportations réelle de minéraux sont :

Tableau 14 : Exportations des pâturages (Soltner)

Eléments	Après 10 ans de pâturage naturel (pour 100 kg de viande produite/ha/an)	Après 10 ans de récolte de foin sur pâturage amélioré pour 12 t de MS produite par an
N	50 kg	5400 kg
P2O5	28,7 kg	2500 kg
K2O	5,7 kg	7500 kg
CaO	20 kg	3400 kg

2.4.4 EXEMPLES DE PLANS DE FUMURE

Exemples de plans de fumure azotée avec apport d'effluents d'élevage

		Exemple 1	Exemple 2
Culture Objectif rendement		Maïs fourrage 16 t MS	Betterave
Besoins	Besoins de la culture Azote restant dans le sol après récolte Total besoins	224 20 244	220 20 240
Fournitures du sol et autres effets	Azote déjà absorbé pendant l'hiver Reliquat d'azote sortie hiver Minéralisation du sol Arrière effet prairie Effet culture intermédiaire Effet résidus précédent Azote organique restant à minéraliser Apport irrigation Total fournitures	0 50 85 0 5 0 30 0 170	0 40 85 0 5 - 20 103 0 213
Fumure à apporter (en équivalent ammonium)		74	27
$30 \text{ t} \times 6,6 \times 0,15$		$8 \text{ t} \times 21,5 \times 0,6$	
dose teneur N coef. d'équivalence engrais (cf tab 3)			

NB : Dans l'exemple 2, l'apport de 8 t de fientes juste avant le semis de betterave amène 170 kg d'azote dont environ 60 % vont jouer pour la culture. Avec un épandage à l'automne, l'azote des fientes dans le plan de fumure aurait été moindre (10 %). L'azote ayant minéralisé vite, il aurait alimenté d'autres postes du bilan (reliquat, effet CIPAN...).

Figure 7 : Plan de fumure exemple Maïs et betteraves (UNIFA)

Exemple sur prairie en Bretagne – 503 jours de pâturage vaches allaitantes avec leurs veaux (Farruggia 2000)

1- Objectif de production annuelle	8,8 t MS/ha	2- Besoins en N	
répartis en :			
Pâturage à rotation rapide ou libre intensif	8,8 t MS/ha x	30 kg N/t MS = 264 kg N/ha	
Pâturage à rotation lente ou ensilage	t MS/ha x	25 kg N/t MS =	
Foin précoce (fin mai) ou foin de repousse	t MS/ha x	20 kg N/t MS =	
Foin tardif de 1er cycle	t MS/ha x	15 kg N/t MS =	
	Exportations totales (NR)	= 264 kg N/ha	
3- Fourniture par le sol (NRsol) (tableau 2)		90 kg N/ha	
4- Contribution des restitutions au pâturage de l'année (NRrest) (tableau 3)	503 JP	53 kg N/ha	
5- Contribution des légumineuses (NRleg) (tableaux 4 et 5)	10% TB pondéré sur l'année	45 kg N/ha	
6- Total des sources d'azote hors apports (3+4+5)		= 188 kg N/ha	
7- Reste à mettre à disposition des plantes (2-6)		76 kg N/ha	
8- Azote à apporter compte tenu du CAU (7/CAU)		109 kg N/ha	
9- Effet direct des fumiers et lisiers selon la période d'apport (Nf) (tableau 6)			
Quantité épandue	kg N total	Keq	Effet direct
Fumier bovins automne	t/ha x	kg/t x	= kg/ha
Fumier bovins printemps	t/ha x	kg/t x	= kg/ha
Lisier bovins automne	m ³ /ha x	kg/m ³ x	= kg/ha
Lisier bovins printemps	m ³ /ha x	kg/m ³ x	= kg/ha
Lisier porcs printemps	40 m ³ /ha x	2 kg/m ³ x 0,6	= 48 kg/ha
	Fournitures totales par effet direct	-	48 kg N/ha
10- Dose totale d'engrais minéral à apporter pour l'année (8-9)		61 kg N/ha	

Figure 8 : Plan de fumure d'une prairie (Farruggia)

2.5 PÉRIODES DE FERTILISATION

Un élément important à prendre en compte est que les besoins des plantes sont variables selon les périodes de l'année alors que la production d'effluents d'élevage est continue ce qui nécessite de stoker l'effluent.

Le Réseau de suivi des exploitations bovines de la province Sud (2009), Province Sud, Institut Elevage a évalué les besoins et périodes de fertilisation du Maïs ensilage présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau 15 : Période de fertilisation du Maïs (CA Nouvelle Calédonie)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
21 jours avant le semis		100	170	178
Au semis	100	-	-	-
20 à 30 jours après le semis	100	-	-	-
Total unités/ha	200	100	170	178

Pour les pâturages la production est variable selon l'année avec une demande plus forte sur la période février-Avril.

Tableau 16 : Période de production des prairies (CA Nouvelle Calédonie)

Mois	%	Périodes
Novembre à Janvier	20	chaude avec une augmentation progressive mais limitée des précipitations
Février à Avril	50	chaude et humide
Mai à Juillet	20	saison fraîche
Août à Octobre	10	sèche

2.6 RISQUES D'UTILISATION DES MAFOR

L'utilisation de fertilisation organique présente plusieurs risques

- les risques sanitaires qui sont des risques de contamination des populations humaines, des animaux de l'environnement par des micro-organismes pathogènes contenus dans les matières organiques brutes (non hygiénisées).
- Les risques de pollution de l'environnement sont les risques de contamination par les nitrates, les phosphates et les éléments traces métalliques (ETM), composés traces organiques CTO (présent dans les boues de station). Ces risques apparaissent en cas de mauvaises pratiques de la fertilisation : surdosage, répartition irrégulière... ces pollutions peuvent être ponctuelles (fuites d'effluents issus des bâtiments ou diffuses (épandage, ruissellement, lessivage)

L'azote ammoniacal (NH₄⁺) représente 60 à 75 % de l'azote total du lisier, il est rapidement utilisé par la plante car directement assimilable. Soluble dans l'eau, il est généralement bien répartit dans le lisier. Après un épandage de lisier sur une parcelle avec couvert végétal, l'azote minéral est essentiellement absorbé par la plante. **Des pertes par volatilisation, par dénitrification ou par lessivage existe et peuvent être importantes représentant une perte économique.**

Un épandage trop important ou en période défavorable (forte pluviosité...) entraîne des **pertes d'azote par lessivage et ruissellement.**

Les **émissions d'ammoniac dans l'atmosphère** constituent une autre source de pollution. Ces émissions ont lieu lors du stockage (15 % sur 6 mois) et surtout lors de l'épandage qui peut atteindre 20% à 20°C et 25% pour le digestat (Quideau 2013). Pour les fientes humides les pertes peuvent être de plus de 50% (Gazeau 2012)

40 à 50 % du total des émissions d'ammoniac se produisent moins de 24 h après l'épandage des effluents. L'organisation des chantiers doit permettre leur incorporation dans les toutes premières heures. Les émissions d'ammoniac d'un fumier enfoui dans l'heure sont réduites de 90 %, et 80 % pour un lisier ! L'injection directe dans le sol réduit la volatilisation de 50 à 90 % (moins performant sur sol sec). Sur prairie, les disques ou patins tranchant sont efficaces pour réduire les émissions.

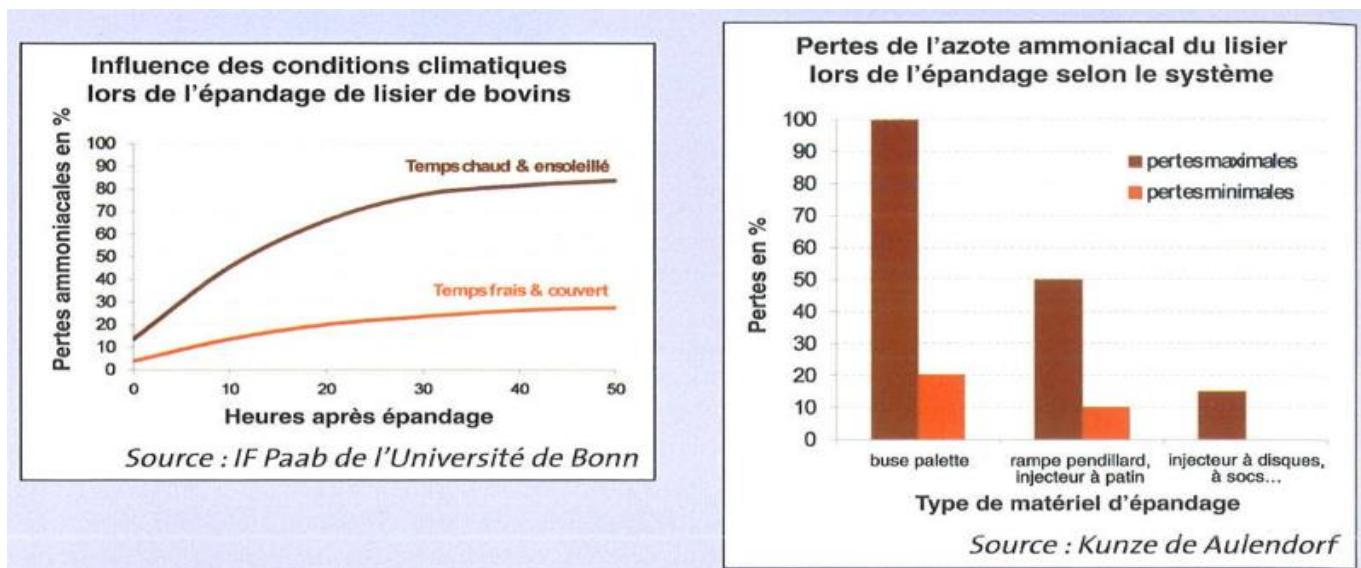


Figure 9 - Perte d'azote ammoniacal selon les conditions climatiques et le matériel utilisé

Les phosphates sont des éléments adhérents à des particules du sol. En situation d'excédent, ils s'accumulent dans le sol car ils ne sont pas lessivables, sauf à des taux excessifs. Le phosphore peut se retrouver dans les cours d'eau du fait de l'érosion (0,5 à 3 kg/ha/an observés en Bretagne). Il favorise alors en surface le développement d'algues (cyanophycées) dont la dégradation par les bactéries dans les couches d'eau plus profondes consomme l'oxygène dissous et crée des conditions d'anoxie.

Les lessivages et autres pertes au tas lors du stockage des fumiers sont très importants (cf tableau ci-dessous) et souvent sous-estimés : ils sont non seulement source de pollution mais aussi une perte agronomique et donc économique. Il est ainsi important de savoir conserver ces valeurs fertilisantes.

Tableau 17 : Pertes d'éléments pour un fumier stocké au champ (Source Agrobio47)

Un tas de fumier, laissé en bout de champ durant des mois perd (par volatilisation ou lessivage) :

	Azote	Phosphore	Potasse	Ca	Mg	Sucre
Taux de pertes	60%	35%	70%	50%	50%	75 à 80%

2.7 RÉGLEMENTATION ET NORMALISATION

Du point de vue de la réglementation, une matière organique (MO) utilisable en agriculture a l'un des deux statuts suivants :

- déchet si la MO est brute
- matière transformée en matière fertilisante ou en support de culture si le déchet a subit une transformation améliorante.

Si la MO est brute la réglementation sur l'épandage relève du Ministère de l'écologie (ICPE, RSD...). Pour les déchets transformés en matière fertilisante, les normes NFU définissent et caractérisent les produits transformés. L'utilisation de normes impose au producteur de suivre un cahier des charges pour leur traitement et leur mise sur le marché. Le produit peut être homologué par une commission d'homologation. Le producteur est ainsi responsable seulement jusqu'à la mise sur le marché. **Le producteur de déchet lui, reste responsable des conditions d'utilisation finale jusque dans sa destination**, y compris les modalités et les lieux d'épandage. Il est ainsi responsable des atteintes éventuelles à la qualité du sol récepteur et à l'environnement.

Lorsque les déjections animales font partie intégrante du fonctionnement de l'exploitation agricole il s'agit de sous-produits qui ne constituent pas des déchets. Mais elles deviennent des déchets lorsqu'elles sont mal gérées ou lorsqu'il en existe des excédents. Le détenteur cherche alors à les évacuer de l'exploitation ou de les transformer pour qu'elles puissent être valorisées par un tiers.

La commercialisation des engrais s'effectue dans un cadre réglementaire très strict, qui organise la mise sur le marché en France par référence à la loi du 13 juillet 1979.

Cette mise sur le marché est réglementée par les articles L.255-1 à L.255-11 du code rural et de la pêche maritime. Ces articles précisent que les matières fertilisantes doivent être homologuées. **Cependant si elles sont conformes au règlement (CE) n° 2003/2003 ou aux normes françaises rendues d'application obligatoire par arrêté ministériel et publié au JORF (NFU 42-001...), elles peuvent être mises sur le marché sans autorisation préalable. C'est l'opérateur responsable de la mise sur le marché des produits, qui doit s'assurer lui-même de leur conformité aux normes ou au règlement européen.** (Guide de la fertilisation organique – Chambre Agriculture Réunion 2017).

Les matières fertilisantes comprennent les engrais, les amendements et d'une manière générale tous les produits dont l'emploi est destiné à assurer ou à améliorer la nutrition des végétaux ainsi que les propriétés physico-chimique ou biologique du sol. On distingue les amendements, les engrais organiques et les engrais organo-minéraux.

Amendements organiques norme NF U44-051

Les amendements organiques sont des matières fertilisantes composées principalement de combinaisons carbonées d'origine végétale, ou animale et végétale en mélange, destinées à l'entretien ou à la reconstitution du stock de matière organique du sol et à l'amélioration de ses propriétés physiques et/ou chimiques et/ou biologiques. **Les amendements organiques doivent respecter un taux de matières sèches supérieur à 30 % et un taux de matière organique supérieur à 20 %. Les éléments N, P2O5, K2O sont exclusivement d'origine organique avec une teneur inférieure à 3 %**

pour chacun d'entre eux. Les amendements organiques doivent également respecter N + P2O5 + K2O < 7 %, rapport C/N > 8 et N ammoniacal + nitrique + uréique < 33 % N total.

En Nouvelle Calédonie, la forte concentration des sols en nickel (Ni) et en chrome (Cr) se répercute sur les végétaux, entraînant dans les composts et amendements organiques issus des déchets verts des taux régulièrement supérieurs aux normes françaises (NF) pour ces métaux. Cette spécificité locale rend le développement des formes de valorisation des déchets verts par retour au sol plus complexe, confronté qu'il est également au manque de connaissances scientifiques et de références en termes de biodisponibilité des métaux dans les végétaux, ou d'effets toxiques sur les produits végétaux comestibles issus de plantes bénéficiant de tels composts. (Schéma Provincial de Prévention et de Gestion des Déchets 2018 – 2022). **L'étude menée à la Réunion qui rencontre le même problème (Payet CA Réunion 2007) a montré qu'une part non négligeable du Nickel proviendrait de la terre présente sur les végétaux en plus de l'accumulation dans les végétaux.**

Engrais organiques et organo-minéraux norme NF U42-001

Les engrais organiques N, NP, NK ou NPK sont constitués de matières animales et/ou végétales. Leur fonction principale est d'apporter les éléments directement utiles à la nutrition des plantes. Toutefois ils peuvent assurer une restitution humus pour ceux qui sont constitués d'une base végétale compostée. Les éléments N, P2O5 et K2O sont exclusivement d'origine organique avec une teneur $\geq 3\%$ d'au moins un de ces trois éléments. Ces engrais ne peuvent pas contenir de l'azote de synthèse organique.

Les engrais organo-minéraux sont également régis par la norme NFU 42-001. Les teneurs en N, P2O5 et K2O peuvent chacune être supérieure à 3% de la matière brute et leur somme doit être supérieure à 7% avec au minimum 1% de N organique.

Figure 10 : Dénomination des matières et teneurs minimales (NFU)

Engrais organique azoté - teneur en N selon NFU 42001

N°	Dénomination du type	Teneur(s) minimale(s) en N organique
1	Sang desséché	9 %
2a	Corne broyée	11 %
2b	Corne torréfiée	12 %
7	Poudre de plumes	11 %
8	Poudre de soies	11 %
9	Tourteau végétal de (nom du végétal)	3 %
10	Engrais organique azoté	3 %

Engrais organique

N°	Dénomination du type	Teneur(s) minimale(s)		Par élément
		En N+P ₂ O ₅ +K ₂ O	Par élément	
2a	Engrais de poisson	10 %	4 % N	4 % P ₂ O ₅
3	Poudre de viande	13 %	6 % N	5 % P ₂ O ₅
4	Poudre d'os	20 %	2 % N	16 % P ₂ O ₅
5	Fiente de volaille déshydratée	7 %	3 % N	2,5 % P ₂ O ₅
6	Engrais NP issu de lisier	6 %	1,5 % N	3 % P ₂ O ₅
7	Fiente de volaille avec litière	7 %	2 % N	2 % P ₂ O ₅ 2 % K ₂ O
12	Engrais organique NPK ou Engrais organique NP ou Engrais organique NK	7 %	3 % pour au moins un des éléments majeurs	

La majorité des déchets organiques (effluents d'élevages, boues de station d'épuration, digestats...) sont épandus directement en agriculture. L'épandage bien qu'ayant de nombreux avantages (pratiques, économiques), nécessite une technicité importante autour de sa mise en œuvre : quels stockages pour les matières à épandre, quels matériels d'épandage utiliser en fonction des caractéristiques des produits épandus.

L'encadrement réglementaire permet une limitation des différents impacts des épandages pouvant être positifs (pour les sols), mais également négatifs du point de vue sanitaires et environnementaux : Éléments traces métalliques, composés traces organiques, pathogènes et pollution de l'air.

Les plans d'épandages sont obligatoires pour les matières fertilisantes organiques (MAFOR) pouvant être classées comme déchets. Dans les zones vulnérables, ils doivent respecter le plafond de 170 kg N/ha de SAU/an. En NC les élevages ICPE doivent aussi respecter ce seuil.

Des distances d'exclusion d'épandage sont à respecter par rapport aux cours d'eau, étangs, lieux de baignade, sites de pisciculture, zones de pompage d'eau potable ou habitations.

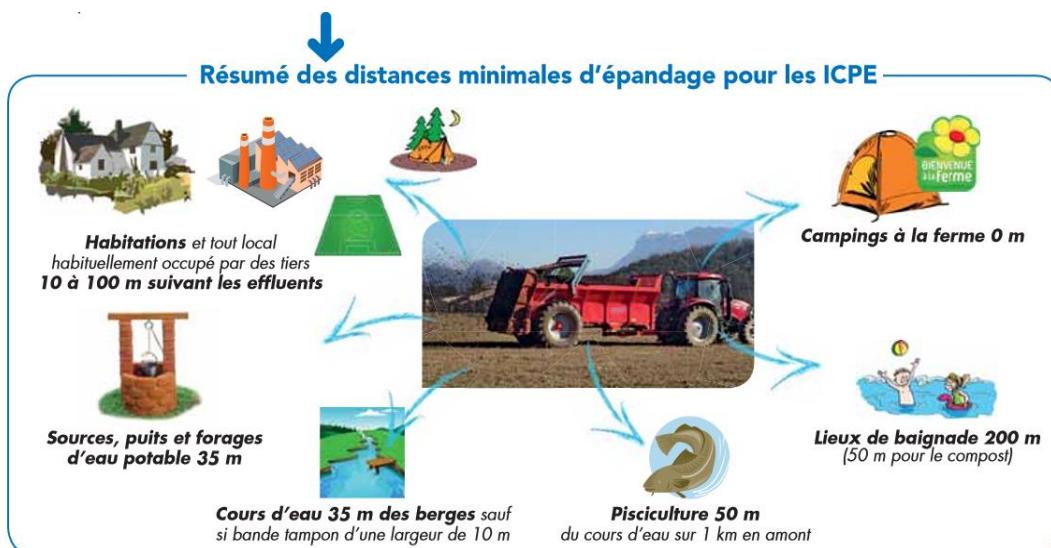


Figure 11 : Distance réglementaire d'épandage (CA Bretagne)

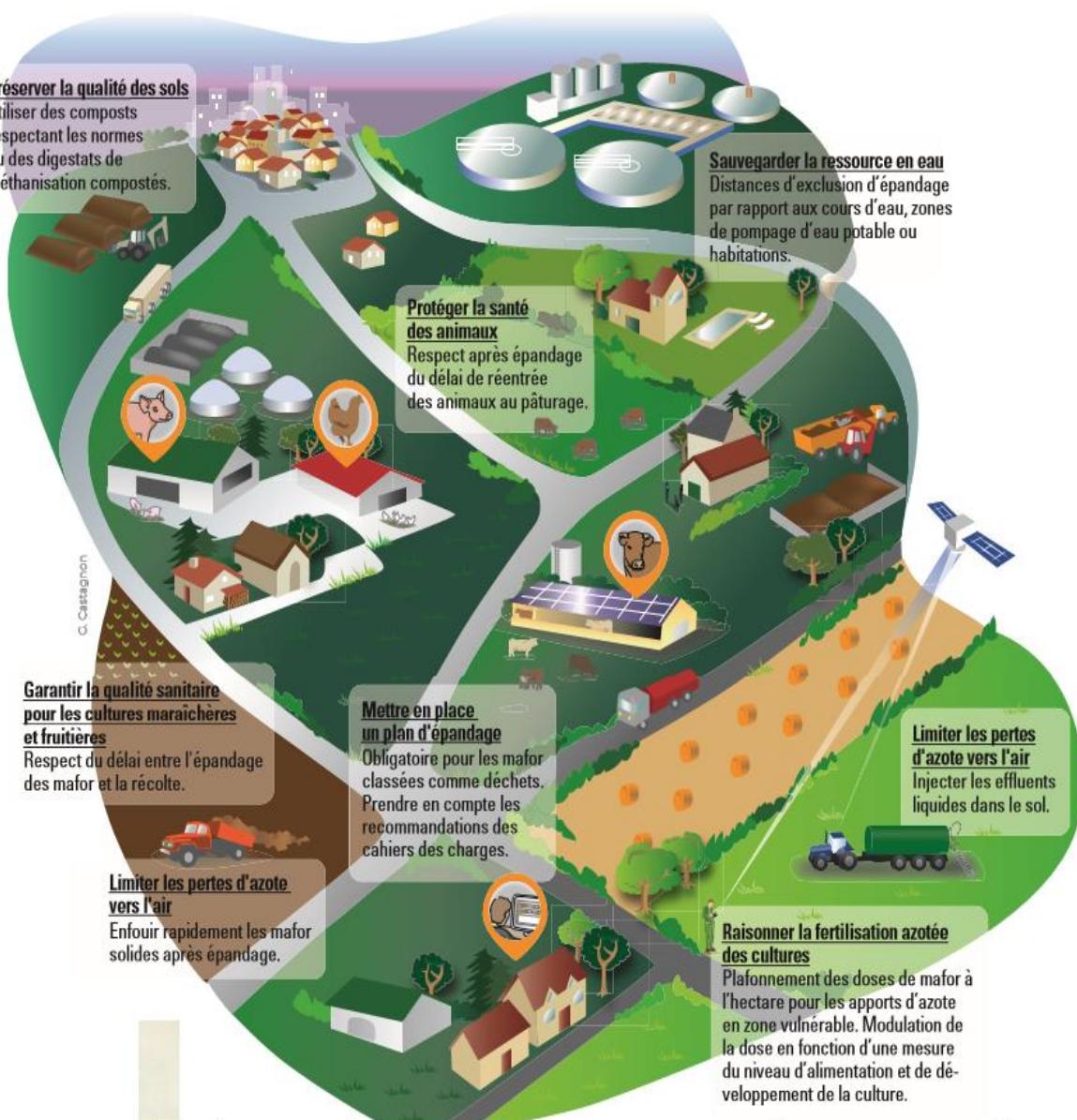


Figure 12 : Enjeux dans la gestion des MAFOR (CA Bretagne)

L'épandage en surface du lisier, des fientes sèches et du fumier non assainis est interdit (Arrêté du 8 février 2016). Ils peuvent être enfouis à une profondeur empêchant les oiseaux et autres animaux d'y avoir accès, dans des conditions définies par instruction du ministre chargé de l'agriculture.

Les normes prévoient aussi des critères microbiologiques avec des taux pour les œufs d'helminthes et de salmonella obligeant à hygiéniser la matière. L'assainissement du lisier, des fientes sèches et du fumier peut être obtenu soit par stockage et assainissement naturel (sans ajout), soit par assainissement rapide (chaulage), soit au sein d'un établissement enregistré (compostage, méthanisation) ou agréé conformément au règlement (CE) n° 1069/2009. La durée d'assainissement naturel pour le lisier ou pour les fientes sèches est de soixante jours et quarante-deux jours pour le fumier mis en tas et laissé exposer à sa propre chaleur.

Par dérogation, il peut également être réalisé sur une autre exploitation agricole située à moins de 20 km et sous réserve d'un engagement écrit du responsable de l'exploitation de destination auprès du responsable de l'exploitation d'origine, de respecter le délai nécessaire à cet assainissement et de la mise en œuvre de la traçabilité de ces expéditions.

- les exploitations expéditrices et l'établissement de stockage sont situés dans un cercle de diamètre inférieur à 20 km ;
- l'établissement de stockage est enregistré au titre du règlement (CE) n° 1069/2009 ;
- l'établissement possède un dispositif couvert de stockage du lisier, des fientes sèches et du fumier non assainis ;
- l'établissement de stockage possède une aire de nettoyage et de désinfection pour les véhicules de livraison ;
- le nettoyage et la désinfection des moyens de transport du lisier, des fientes sèches et du fumier sont réalisés après chaque livraison dans cet établissement et avant tout retour en exploitation ;
- une fois assainis, les lisiers, fientes sèches et fumier, sont destinés à une application directe sur les sols.

3 ETAT DES LIEUX EN PROVINCE SUD

3.1 VOLUMES ET MODE DE VALORISATION DES MAFOR

Le recensement agricole de 2012 a fait apparaître une augmentation de 33% de l'élevage porcin entre 2002 et 2012. Sur les 388 éleveurs que compte la province, les 20 plus gros regroupent 90% du cheptel. Le nombre de volailles a été stable entre 2002 et 2012 avec 335 200 têtes. Les plus gros élevages de volailles se trouvent à Dumbéa qui regroupe la moitié du cheptel. Sur les 533 élevages dénombrés 7 regroupent 80% du cheptel.

En 2009, les élevages porcins comptaient 1970 truies mères dans la Province Sud et la production était en 2008 de 43500 porcs. D'après les statistiques de l'OCEF et les déclarations des bouchers de l'intérieur, les abattages connus ont atteint en 2008 environ 27 000 porcs toutes catégories confondues (DAVAR 2009). Le mémento agricole de 2016 indique un nombre de porcs abattus de 30 404 têtes. Un abattoir privé de porc complète la production avec environ 10000 porcs, le reste provenant d'abattages « privés ».

Selon les Normes CORPEN le lisier produit est de :

- 7.2 m³/truite présente/an
- 1.44 m³/place de porcs engrais (porcs engrais, cochettes et verrats)
- 0.96 m³/porcelet en post sevrage

Selon la DDR, au niveau d'un élevage ICPE de la province Sud avec 90 truies le volume théorique était en 2017 de 884 m³ selon les normes CORPEN mais le volume épandu a été de 1161 m³ soit 30% de plus lié à la gestion de l'eau, pluviométrie...

Selon les Assises provinciales du développement rural, 2014, les surfaces disponibles pour l'épandage d'amendements et d'engrais organiques étaient de 36 350 ha dont :

- Grandes cultures 650 ha
- Vergers 650 ha
- Fruits et légumes de pleins champs 1 150 ha
- Tubercules 200 ha
- Pâturages améliorés 23 300 ha
- Sylviculture 1 200 ha
- Sites dégradés (potentiel) 9 200 ha

L'utilisation actuelle des déchets organiques identifiée lors des assises est présentée dans le tableau à la page suivante.

Tableau 17 : Utilisation actuelle des MAFOR en Nouvelle-Calédonie (Assises Provinciales)

	Quantité annuelle	Mode de gestion actuel	Contraintes	Potentiel
Lisiers de porcs	32000 t	Épandage	Risques environnement	Engrais organique
Fientes de volailles	6000 t	Épandage (majoritairement sans plan de fertilisation)	Frein au développement des élevages hors sol Nuisances Risques environnement	Engrais organique
Déchets carnés	2300 t	Engrais (poisson) Farine animale Suif, enfouissement	Perte (enfouissement)	Engrais organique
Boues d'épuration	4500 t	Epandage et enfouissement	Nuisances Risques environnement	Amendement
Déchets verts	27000 t	Enfouissement (90%) Compostage	Coût collectivité Perte de la ressource	Amendement
Déchets agro-alimentaires	11000 t	Ecarts de tri pomme de terre – enfouissement	Coût industriel	Amendement

Les coûts de traitement identifiés représentent plus de 400 MF/an.

Tableau 18 : Coûts de traitement (Assises Provinciales)

Déchets organiques	Coût de traitement (F/an)	Coût de traitement (F/t)
Déchets verts	100 MF/an	4 800 F/t
Déchets de cuisine	120 MF/an	9 000 F/t
Matière de vidange	80 MF/an	7 000 F/t
Boues de STEP	65 MF/an	15 000 F/t
Grande distribution	45 MF/an	11 000 F/t

Une analyse FFOM réalisée lors des assises a permis d'identifier les freins et opportunités.

Figure 13 : Analyse FFOM des MAFOR (Assises Provinciales)

FORCES utiles pour atteindre l'objectif	FAIBLESSES néfastes pour atteindre l'objectif
<ol style="list-style-type: none"> Surfaces entretenues disponibles (cf. ISFF/DAVAR, RGA 2012) Des initiatives individuelles existantes qui permettent la valorisation d'une partie des flux (drâches, PdT... : 40%) Dynamique des filières de valorisation (études en cours GOUV NC/PS/Porteurs de projets et professionnels du secteur privé) Amélioration de la fertilité des sols donc des rendements Contribution à l'amélioration de la qualité des produits agricoles Développement des productions labellisées qui incitent à l'utilisation de matière organique Dynamique des producteurs de déchets qui sont demandeurs d'appui technique pour la gestion de leur déchet Ressource importante Possibilité de double valorisation (énergétique/agricole) Existence de tests expérimentaux Diversité des sites d'épandage potentiels 	<ol style="list-style-type: none"> Déchets bruts inadaptés à l'épandage [nécessité de transformation] Manque de coordination entre les producteurs et les utilisateurs pour l'utilisation des déchets agricoles (communication) Absence de connaissance du déchet/produit et effets sur la culture (formation...) Absence de plan de fertilisation Méconnaissance de la fertilité des sols Disparition du laboratoire d'analyse des sols Absence de laboratoire d'analyse de matière organique, fertilité biologique, ETM... Augmenter le nombre d'expérimentations (vulgarisation, référence technico-économique) et de coordination (communication)
OPPORTUNITÉS identifiées	MENACES identifiées
<ol style="list-style-type: none"> Stock potentiel d'éléments fertilisants et de matières organiques Émergence de projets privés pour la valorisation des déchets organiques Coordination des institutions sur la question de la valorisation des déchets organiques (études déjà réalisées par le passé à capitaliser et études en cours) Substitution des importations par des productions locales (marché potentiel) Évolution du cadre réglementaire (utilisation en épandage et en apport localisé) Amélioration de l'autosuffisance économique Miss en place d'outil de pilotage de la fertilisation organique des sols Existence de structures RITT Contexte international sur la ressource en phosphore et potasse qui peut pousser la filière à se développer Besoins importants des utilisateurs (mauvaise qualité des sols), nécessité du retour au sol de la mo 	<ol style="list-style-type: none"> Concurrence de l'importation des engrais Taille du gisement : concurrence des différents types d'utilisation (énergie ou agronomie) Taille du gisement n'atteindra pas les seuils de rentabilité (notion de taille critique et de technologie adaptée) Absence d'incitation réglementaire Acceptabilité pour l'épandage des déchets urbains Augmentation des coûts de traitements Adequation des produits et des moyens d'épandage existants Normes de références (NFU) non adaptées au contexte géologique de Nouvelle-Calédonie (seuils Ni-Cr) Risque phytosanitaire si mauvaise hygiénisation des composts (plantes invasives et maladie des plantes) Absence de cadre technique et réglementaire qui peut diminuer la confiance des utilisateurs Situation géographique (concentration des gisements)

3.2 ENGRAIS MINÉRAUX IMPORTÉS

La province Sud apporte une aide pour l'importation d'engrais et d'amendements qui représente une enveloppe de 150 millions XPF. En 2018, dans le cadre de l'aide à l'achat d'engrais pensée par la direction du développement rural (DDR) pour 2018, les agriculteurs du Sud sont mieux soutenus que les autres, grâce à un taux d'aide de minimum 39 %.

Un taux d'aide plus important qu'au sein des autres provinces, et un soutien pour le Bio et les circuits courts. Le nouveau dispositif prévoit d'aider différemment les fertilisants dans le sens du développement durable en bonifiant le taux d'aide de + 3% pour les engrais bio et ceux favorisant la vie du sol, et de +5% pour les engrais et amendements organiques fabriqués localement. (CA Nouvelle-Calédonie)

En 2017, 3700 t d'engrais ont été importés.

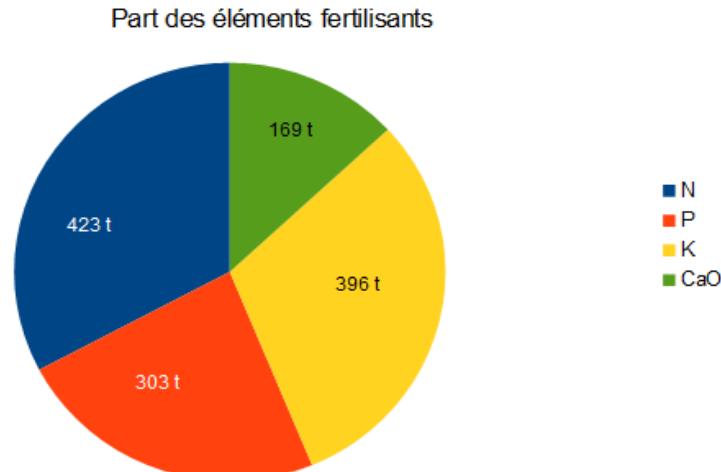


Figure 14 : Quantité d'éléments fertilisants importés (Données CA)

La répartition par commune montre que les principales communes de destination des engrains sont Boulouparis, Bourail, La Foa.



Figure 15 : Quantité d'engrais par commune (Données CA)

Le prix départ Dock en juin 2018 était respectivement

Tarifs du dock des engrais

Date de mise à jour : 12/06/2018

5 10 25 en 600 kg

Province Sud	64	38 430	64 050
Province Nord	105	63 000	105 000
Province des îles Loyauté	105	63 000	105 000

16 26 00 en 600 kg

Province Sud	60	36 234	60 390
Province Nord	99	59 400	99 000
Province des îles Loyauté	99	59 400	99 000

17 17 17 Européen en 600 kg

Province Sud	50	30 012	50 020
Province Nord	82	49 200	82 000
Province des îles Loyauté	82	49 200	82 000

10 12 24 en 600 kg

Province Sud	51	30 744	51 240
Province Nord	84	50 400	84 000
Province des îles Loyauté	84	50 400	84 000

Urée en 525 kg

Province Sud	47	24 659	46 970
Province Nord	77	40 425	77 000
Province des îles Loyauté	77	40 425	77 000

Figure 16 : Prix des principaux engrais – prix au kg / sac / à la tonne (Données CA)

Le prix de l'urée par exemple est de 167 XPF/u (prix Province Nord) contre 88 XPF/u en France métropolitaine.

En France métropolitaine le prix chez quelques fournisseurs d'engrais organiques est d'environ 2500 XPF/t pour du fumier de volaille (2,2/2,2/2,5) ou du refus de séparation de phase de lisier (1,5/4/0,7) et 15000 XPF/t pour de la fiente en granulés (4/3/3). Le prix à la ferme du lisier est d'environ 700 XPF/m3. Le prix du compost de déchets verts de 1500 à 2500 XPF/t selon volumes.

3.3 CARACTÉRISTIQUE DES SOLS EN NC

Les sols principalement cultivés sont les vertisols (vertisols calcimagnésien, hypermagnésien, sodique et acide) situés sur la côte Ouest. Ces sols profonds couvrent plus de 100 000 ha et offrent d'importantes perceptives au développement agricole.

Ces sols se caractérisent par un PH de la couche superficielle (0-20 cm) légèrement acide de 5,3 à 6,2, un pourcentage de MO moyen à bon de 3,7 à 5,2 %. Les vertisols hypermagnésien ont un déséquilibre cationique dans leur complexe d'échange par excès de magnésium. Cela peut entraîner de sérieuses carences en calcium sur le maïs. (Podwojenski 1988 ORSTOM)

Des analyses réalisées sur des parcelles cultivées (DDR 2018) font ressortir que les parcelles ont une activité biologique peu satisfaisante malgré un sol bien pourvu en matière organique. Il est recommandé un apport en matières organiques non compostée ou l'implantation de couverts végétaux en vue de dynamiser l'activité du sol.

3.4 ENQUÊTE AUPRÈS DES ÉLEVEURS ET AGRICULTEURS

3.4.1 OBJECTIFS DE LA CONSULTATION

L'objectif de cette enquête était de rencontrer et d'échanger avec les exploitants, agriculteurs et administration pour avoir une meilleure compréhension des enjeux actuels sur ces déchets issus de l'agriculture hors-sols mais également de discuter sur :

- Leurs pratiques,
- Leurs difficultés à écouler ces déchets,
- Leur projet potentiel.

3.4.2 MÉTHODOLOGIE ET PERSONNES RENCONTRÉES

Sur la base des propositions de la DDR puis des personnes rencontrées un ensemble d'entretiens ont été menés pour mieux comprendre le mode de valorisation actuel, les propositions et projets et les enjeux des filières. Les personnes/sociétés rencontrées sont listées ci-dessous :

Tableau 18 : Liste des personnes et société rencontrées

•Rencontre sur le terrain

Filière avicole	Filière Porcine	Abattoir	Utilisateurs / Consommateurs	Administration/ Collectivités
3	2	2	4	2
Paddock creek, La Pépinière Le Couvoir de Koé	La Nobo Marcias	OCEF (Nouméa et Bourail) Couvoir de Koé	OZD La ferme du Sud Agrical Mango	DDR (M. Lemerre, Me Salmon-Gele, M. Gatier et Mercier) Chambre de agriculture (Me Henry, M. Kerhouas)

•Questionnaire téléphonique

Filière avicole	Filière Porcine	Abattoir	Utilisateurs / Consommateurs
2	4	0	1
SCA les œufs de Lita SCA La Best	Birot Élevage DEVAUD CHAMPENOIS SCA OUASSIO		CDE (Me Bloc) DENV (Me ODDI)

L'ensemble des comptes rendus des enquêtes terrain sont en annexe 1.

3.4.3 RÉSULTATS

3.4.3.1 Élevages avicoles

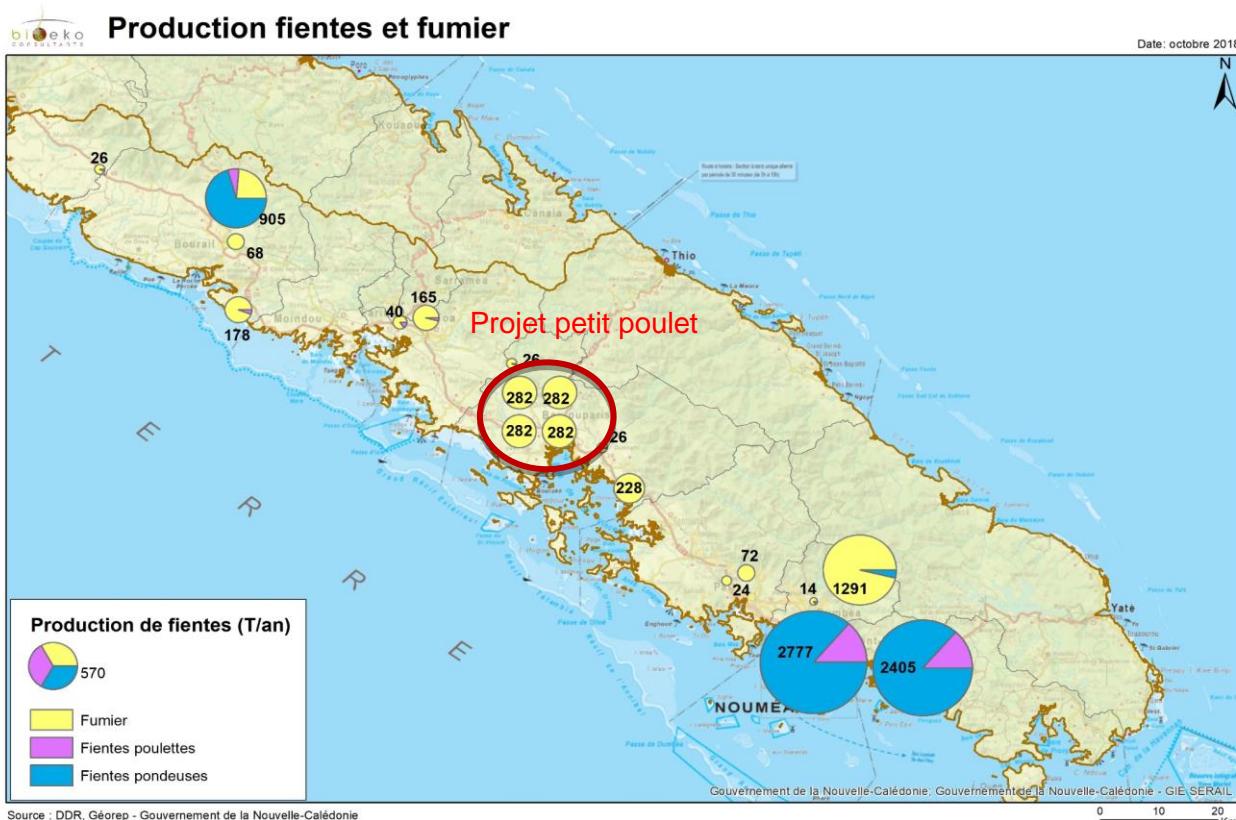


Figure 17 : Carte des quantités de fiente et fumier par producteurs

Les deux principaux producteurs de fientes sont Paddock Creek et La Pépinière avec chacun 70 000 poules pondeuses. Les deux analyses réalisées sur les fientes donnent un taux de matière sèche MS de 24 à 30%. Les fientes sont actuellement collectées dans des bennes au bout du tapis. L'ICPE prévoit que les fientes ne doivent pas être stockées sur l'exploitation. Les fientes sont données à des maraîchers (La ferme du Sud), Pépiniéristes (Mango)... Agrical n'utilise plus de fientes à cause des odeurs et de la difficulté d'utilisation des fientes humides.

A noter que l'utilisation de fientes non assainies sans enfouissement immédiat est interdit. L'utilisation sans suivi des fientes présente un risque sanitaire. Les fientes devraient apporter un revenu aux producteurs avec un prix estimé à 3 500 à 5 000 XPF/T.

Le fumier de volaille produit au « couvoir de Koé » est stocké sous hangar mais ne subit pas vraiment d'assainissement naturel. Il est donné ou vendu à bas prix (1000 F la benne de 6 m³). Le projet petit poulet prévoit l'installation de 16 élevages les 4 premiers étant sur la commune de Boulouparis. Les autres devraient se répartir entre Païta et Bourail. Comme pour les fientes l'évacuation ne répond pas aux normes en matière d'assainissement et ne permet pas une valorisation financière optimale pour l'éleveur.

Actuellement il n'existe pas de matériel spécifique pour l'épandage de ces produits organiques.

Les producteurs de fientes ont un projet d'installation d'un composteur BIOMAX, pour l'instant toujours à l'étude compte tenu du niveau d'investissement.

3.4.3.2 Élevage porcins

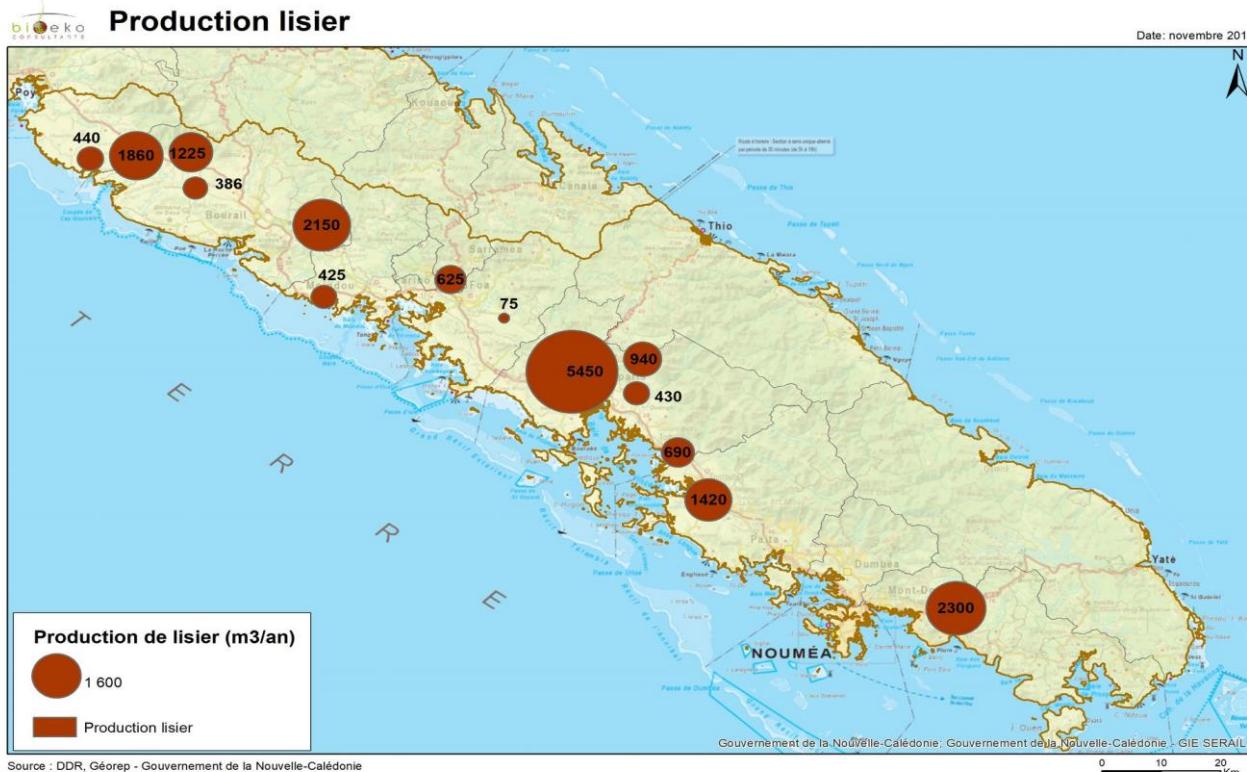


Figure 18 : Carte des quantités de lisier par exploitation

Suite aux enquêtes et sur la base des normes CORPEN, des plans d'épandage fournis les volumes de lisier produit ont été révisés. Ainsi, le volume produit par les 14 principaux élevages est d'environ 15 000 m³.

Le lisier de porcs est produit par une quinzaine d'exploitation. Les éleveurs de porcs assurent l'épandage de leurs lisiers en suivant un plan d'épandage réglementaire imposé dans le cadre de la réglementation ICPE principalement sur des prairies. Les besoins des prairies en pâturage extensif voir non pâturées sont très faibles compris entre 0 et 10 U de N. L'apport en lisier est donc mal valorisé voir peut provoquer des pollutions par lessivage. Actuellement plusieurs éleveurs souhaitent produire des cultures fourragères ou des céréales pour l'alimentation des porcs. L'élevage situé dans le Sud (l'exploitation BIROT) assure une séparation de phase (le refus solide est donné pour un usage en pépinière) et un lagunage ce qui entraîne une perte des éléments fertilisants. Un éleveur à Bourail a souhaité donné son lisier à des producteurs de maïs, mais ceux-ci n'étaient pas été intéressés.

3.4.3.3 Les sous-produits animaux (SPA)

Les filières porcs et avicoles produisent un ensemble de sous-produits animaux non valorisés à l'exception du sang de porc (200 t) de l'abattoir OCEF de Païta transformé en farine au niveau de l'unité de Bourail.

Actuellement les SPA sont soit mis en décharge (non réglementaire mais à priori autorisé via une dérogation) soit enfouis sur l'exploitation et partiellement chaulé.

Les SPA proviennent principalement de

- Abattoir OCEF de Païta (volume évalué à 200 t/an)
- Abattoirs de volailles (4) volume évalué annuellement à 30 t de plumes, 20 t de sang et 120 t de déchets carnés. Ces volumes devraient augmenter de 50% à court terme avec la mise en service de l'abattoir « petits poulets »
- Mortalité des élevages porcins évaluée à 125 t/an
- Mortalité des élevages de volailles évaluée à 30 t/an

Hors filière il faut aussi ajouter la mortalité en élevage bovins qui n'est pas non plus traité par un service d'équarrissage avec un volume estimé à 300 t/an.

Actuellement l'unité de production de farine de l'abattoir OCEF de Bourail produit de la farine animale à partir d'une partie des déchets de l'abattoir des ruminants et destinée aux provendiers. L'unité a une capacité de traiter 800 t de déchets et 60 t de sang, pour une production de farine de viande de 200 t/kg et de farine de sang de 10 t, ainsi que 90 t de suif utilisé comme énergie.

OCEF mène actuellement une réflexion pour la valorisation énergétique/agronomique avec un projet de méthanisation au niveau de l'abattoir de Bourail.

3.4.3.4 Les surfaces agricoles

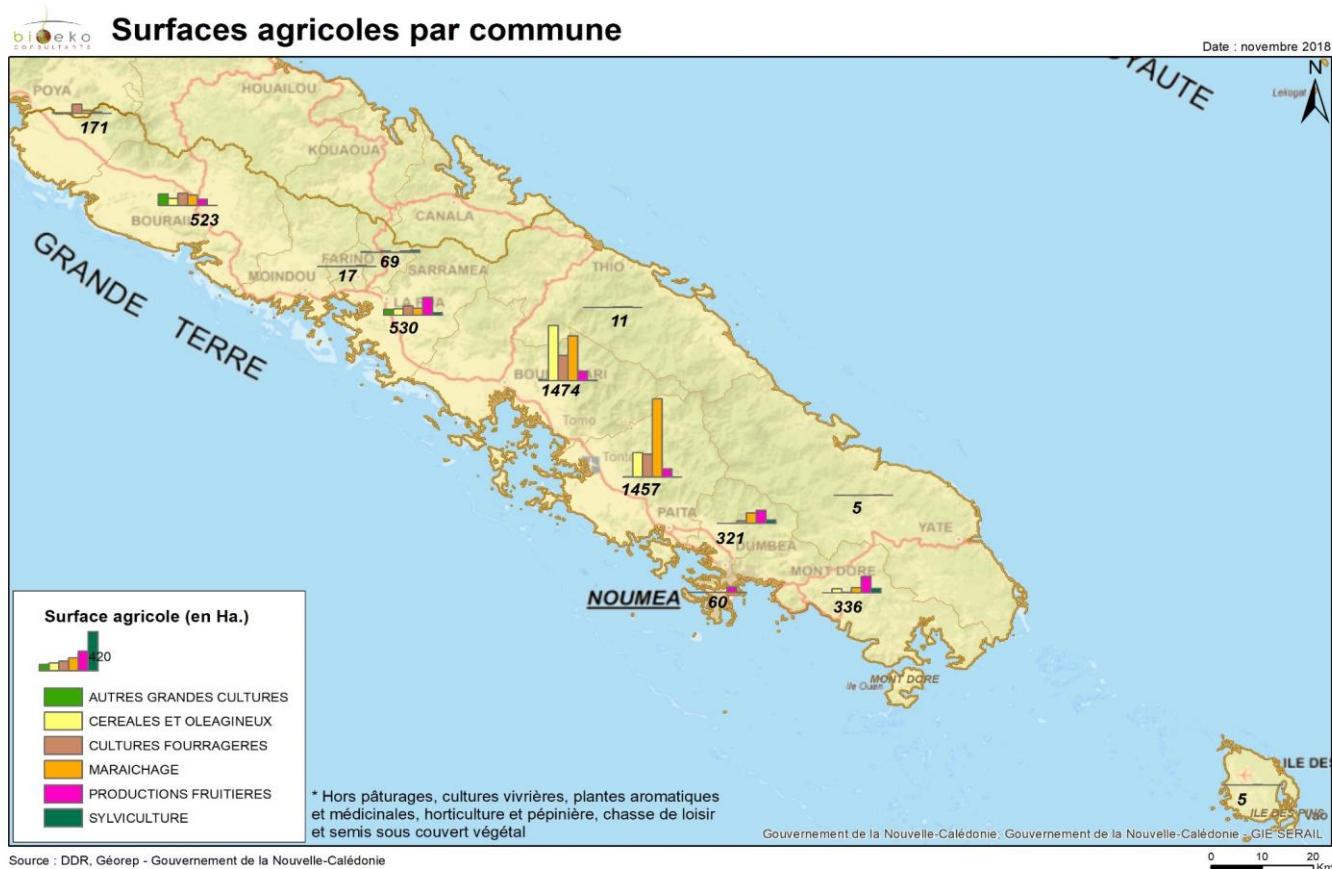


Figure 19 : Carte des surfaces agricoles

Les principales communes de production de agricole sont Bourail et Boulouparis et dans une moindre mesure La Foa et Paita. Les cultures de maïs représentent environ 700 ha réparties entre environ 25 exploitations agricoles. 50% étant situé à Boulouparis au niveau de 4 exploitations.

La production de compost est encore limitée et évaluée à 2 000 t de compost. Mango développe un projet qui devrait se concrétiser en 2019 visant à traiter 5 000 t de déchets verts et 5 000 t de boues de STEP pour produire 4 000 t de compost. A noter que le compost produit présente un taux de Nickel supérieur à la norme ce qui rend sa commercialisation dans l'état difficile. A la Réunion qui rencontre le même problème, il est apparu qu'un pourcentage important du nickel provenait de la terre déposée sur les déchets et non d'une bio-accumulation.

Une partie des bio-déchets est actuellement collectées par OZD qui produit environ 100 t de compost par compostage accéléré, mais ne vend que 6 t/an aux particuliers ; le prix de 50 000 XPF/T semblant élevé pour un écoulement vers une filière professionnelle. OZD développe un projet de méthanisation mais n'a pas encore bouclé le montage financier.

Les besoins en éléments fertilisants des grandes cultures et de la production fourragère pourraient largement absorber la production d'une filière d'engrais organiques en remplaçant les engrais chimiques

importés. Les cultures fruitières, maraîchage ou sylviculture sont bien adaptés pour une fertilisation/amendement avec du compost.

3.4.3.5 Les projets en cours d'étude et/ou réalisation

comme mentionné en introduction de ce chapitre, les rencontres entre les différents intervenants ont permis également de faire le point sur les divers projets envisagés par les exploitants.

Le tableau ci-dessous synthétise l'ensemble des projets en cours ou envisagés.

Tableau 19 : Synthèse des projets en cours ou envisagés par les exploitants pour la gestion de leurs déchets hors-sol

Projet	Porteurs/Partenaires	Échéancier	Produit	Destination
Plate-forme de compostage 6000t déchets verts + 6000t boues de STEP	Mango – CDE - CSP Fidelio	2019	5 000 t de compost	Pépinière Revégétalisation minière Valorisation agricole
Biomax	éleveurs pondeuses Pepiniere, Paddock Creek	Non déterminé Mais relancé	Fertilisant organique	2 500 tonnes / an
Méthanisation	SCA Ouassio (porc)	Abandonné	Électricité	
Méthanisation	OZD	En cours	Électricité	
Méthanisation	OCEF	En réflexion	Électricité	

Il en ressort que seul le projet de plateforme de compostage au niveau de Païta traitant notamment les boues de STEP et les déchets verts est quasiment aboutie et devrait voir le jour courant 2019.

4 TRAITEMENT ET VALORISATION DES EFFLUENTS D'ÉLEVAGE- ETAT DE L'ART DES TECHNOLOGIES UTILISABLES EN NOUVELLE-CALÉDONIE

Dans le cas de la Nouvelle Calédonie, nous proposons de nous concentrer sur des solutions de traitement/valorisation adaptés à la problématique sur la base des éléments suivants :

- les effluents concernés sont du lisier dilué (moins de 5% de MS), des fientes de volailles humides (moins de 25% de MS) et des fumiers de volaille sur copeaux. A ces effluents d'élevages il peut être ajouté des produits issus des entreprises agro-alimentaires et du secteur urbain
- les objectifs du traitement sont de conserver les éléments fertilisants en vue de réduire l'importation d'engrais chimiques et de réduire les nuisances (odeurs, mouches)
- le calendrier d'utilisation des utilisateurs finaux en agriculture nécessite un stockage
- réglementation et le statut de déchets des produits s'ils ne sont pas utilisés sur l'exploitation. La mise sur le marché conformément à une norme NFU pour les fientes, fumier, refus de tamis, digestat nécessite un traitement thermique. La valorisation des lisiers nécessite la mise en place d'un mécanisme de prêteur de terres
- risque de pollution lors de l'épandage des matières brutes, nécessitant l'enfouissement
- le mode organisationnel – les exploitations sont de taille relativement réduite ce qui ne permet pas d'investir dans des solutions coûteuses. De plus la réglementation, mais aussi le souhait des agriculteurs de simplifier la gestion des effluents *semble orienter sur une gestion collective portée par les agriculteurs (coopérative) ou une entreprise. Cet intermédiaire, professionnel, pourrait disposer des moyens humains et matériels pour assurer une gestion conforme à la réglementation et une valorisation optimale.*
- Sur le plan agronomique il semble intéressant de réduire la concentration en P du lisier et de proposer un amendement enrichi permettant de fournir la matière organique et les éléments minéraux en « un passage ».

Compte tenu de ces constats les solutions qui seront étudiées sont :

- *L'épandage amélioré*
- *Le stockage*
- *La séparation de phase des lisiers de porc*
- *Le compostage*
- *Le chaulage des fientes*
- *Le séchage*
- *La granulation*
- *La méthanisation*
- *La production de farine de spa*

4.1 LES FILIÈRES DE VALORISATION

4.1.1 LE LISIER

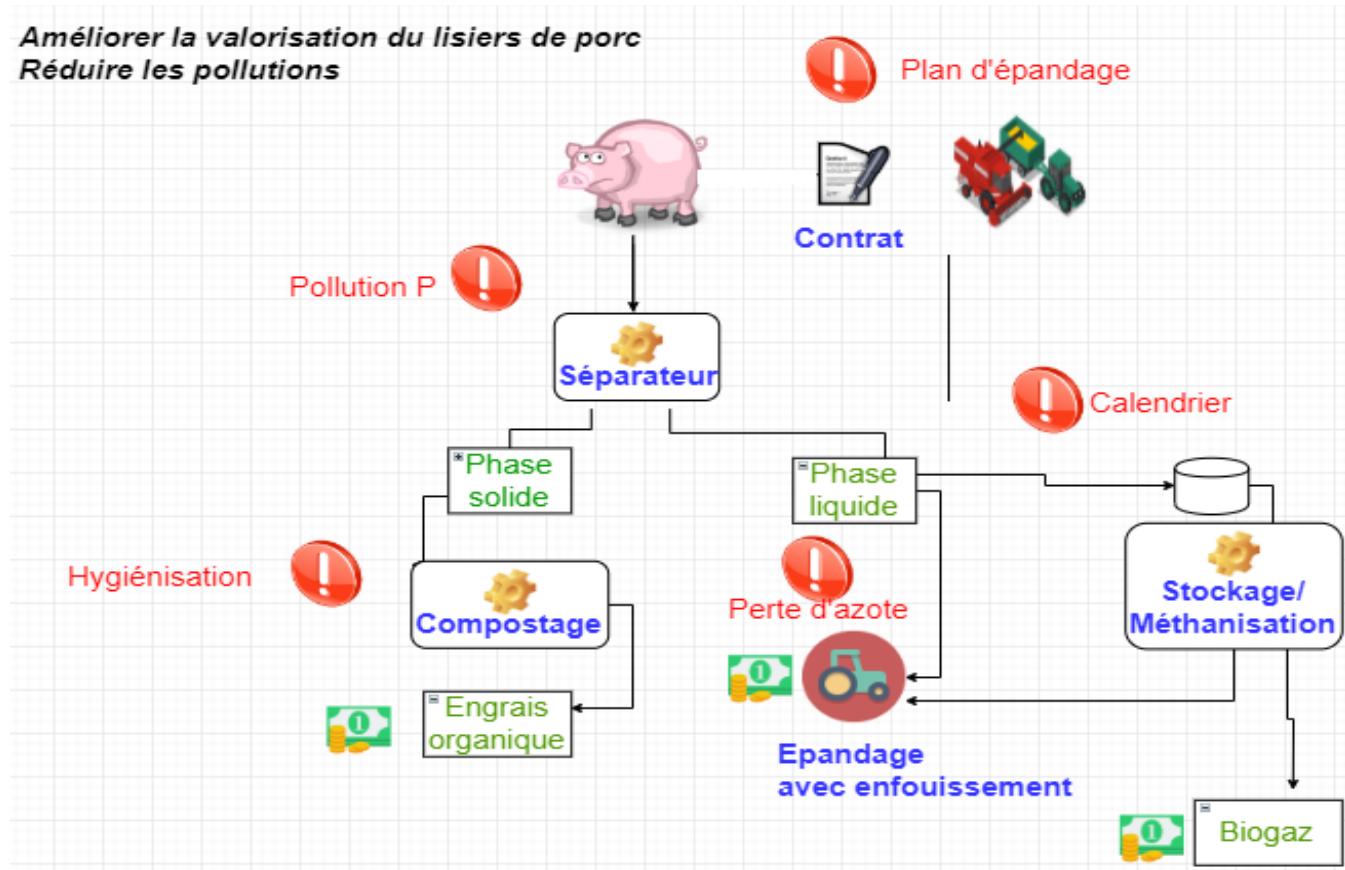


Figure 20 : Schéma de valorisation du lisier

4.1.2 LES FIENTES

Améliorer valorisation fientes

Réduire les pollutions

Réduire risques sanitaires

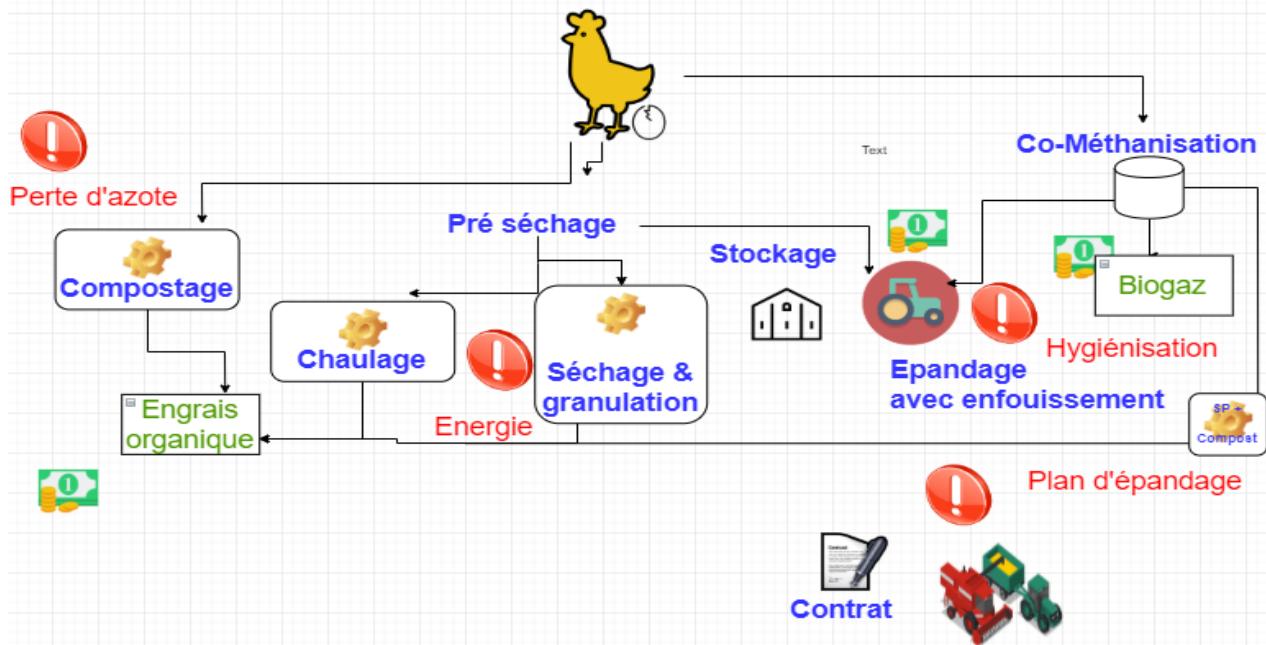


Figure 21 : Schéma de valorisation des fientes

4.1.3 LE FUMIER

Améliorer valorisation fumiers volaille

Réduire les pollutions

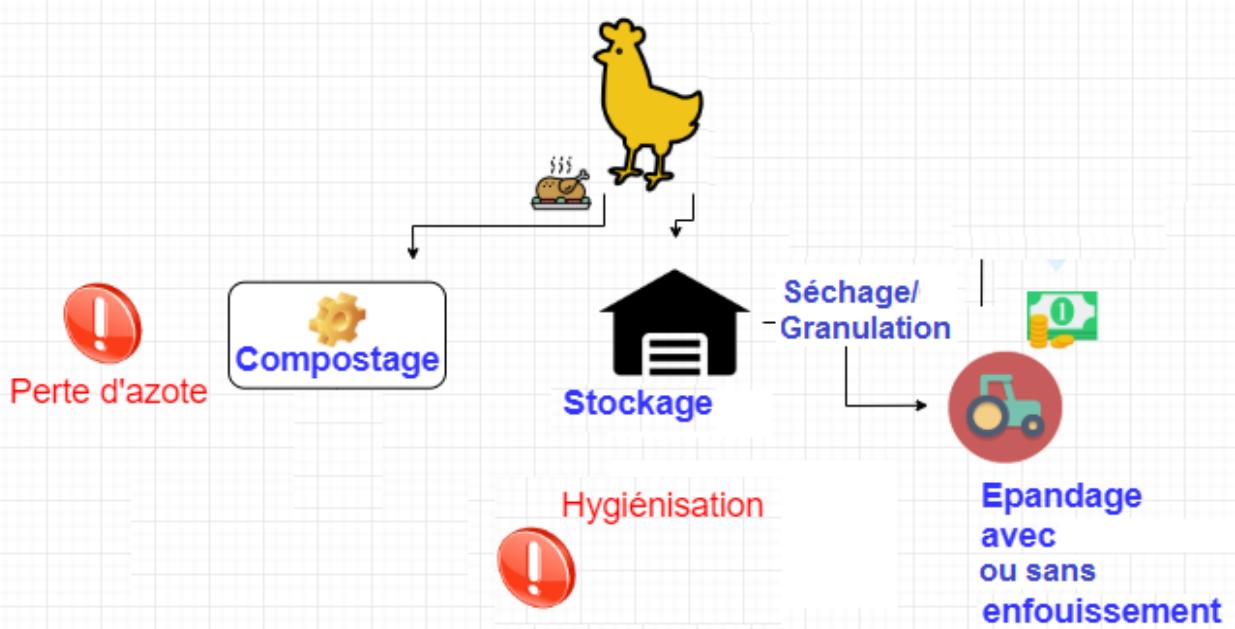


Figure 22 : Schéma de valorisation du fumier

4.1.4 LES SOUS-PRODUITS D'ANIMAUX

Améliorer valorisation SPA

Réduire les pollutions

Réduire risques sanitaires

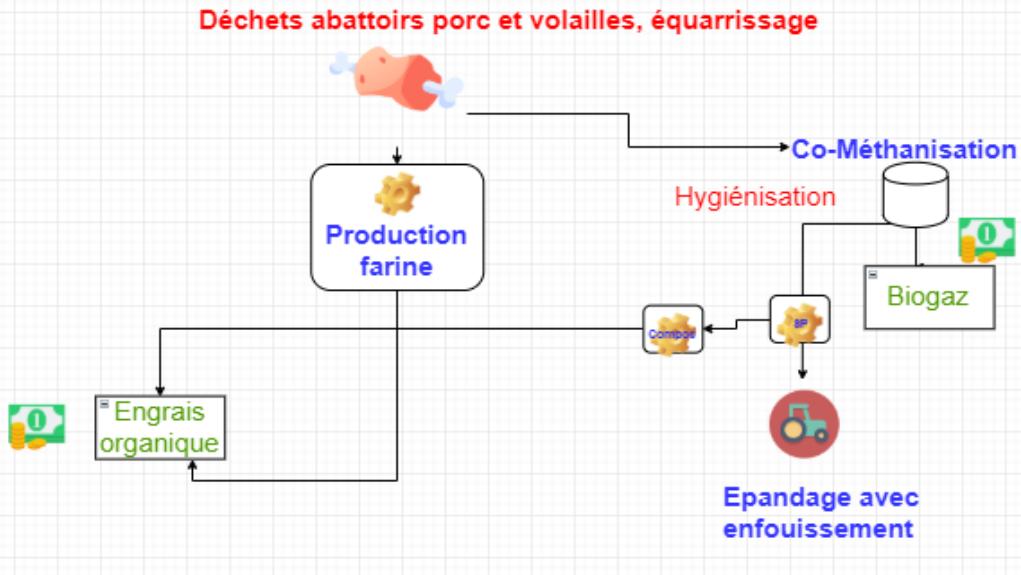


Figure 23 : Schéma de valorisation des sous-produits animaux

4.2 ANALYSE COMPARATIVE DES TECHNIQUES

Dans cette analyse comparative des techniques, il sera comparé pour chaque type de traitement :

- Le coût d'investissement
- Le coût de fonctionnement
- La maintenance
- La main d'œuvre

4.2.1 EPANDAGE AMELIORE

			
Coût d'investissement	Coût de fonctionnement	Maintenance	Main d'œuvre
8 à 10 000 000 F pour équipement d'épandage lisier de 19 m ³ avec enfouissement ou épandeur 17 t à table	100 à 150 F / m ³ ou t épandu + 1500 F/ha pour enfouissement fumier	Maintenance de matériel agricole	Réalisé par entreprise spécialisée



Figure 24 : Épandage lisier avec enfouissement et épandeur à fumier avec table.

L'épandage reste la solution la plus économique de gestion des effluents d'élevage. Les inconvénients liés à la perte d'azote ou les odeurs peuvent être réglés par des pratiques améliorées. Le recours à un prestataire externe permet une gestion professionnelle des effluents. Lorsque l'éleveur recourt à un prestataire extérieur pour l'épandage, il s'assure que celui-ci respecte la réglementation et les bonnes pratiques de biosécurité. Il vérifie que le matériel est propre et désinfecté en entrée et en sortie de l'exploitation.

Pour le lisier il convient d'utiliser des injecteurs à dents ou à disques suivis de roues de recouvrement ou rouleaux fixes.

Les fumiers de volailles et notamment les fientes, sont des déjections très riches en azote. « Ces effluents épandus en frais contiennent de l'azote rapidement utilisable par les plantes, d'où leurs coefficients d'efficacité élevés atteignant 65 % sur maïs. Pour ne pas surfertiliser une parcelle, il est recommandé d'épandre de petites quantités par hectare, souvent moins de 5 tonnes/ hectare. L'épandeur avec une table d'épandage est l'équipement le mieux adapté avec des largeurs d'épandage possible de 18 m.

L'épandage des fientes contaminées sans assainissement préalable ni enfouissement immédiat EST INTERDIT car elles sont potentiellement contaminées :

- Risque de contamination des eaux de surface, de l'air et du sol.
- Risque de contamination de la faune sauvage et des autres unités de production voisines

En Bretagne par exemple les éleveurs hors sols utilisent le système de prêteur de terres pour disposer des terres nécessaires à la gestion des effluents. Cette solution est basée sur un contrat entre un éleveur ou groupe d'éleveurs et un ou des agriculteurs. Le transfert des effluents vers des zones déficitaires s'avère intéressant notamment pour les exploitations de petite taille qui ne peuvent faire du traitement individuel. L'organisation collective de ce transfert n'est cependant pas une tâche simple. La combinaison du niveau et de la disponibilité des équipements, l'assolement, le type de sol et les conditions climatiques jouent un rôle déterminant.

L'outil informatique COMET est capable de simuler la logistique de la gestion collective des effluents ainsi que l'impact de cette gestion sur les émissions gazeuses. La disponibilité en moyens de transport

et d'épandage et leurs performances sont cruciales pour la réalisation effective du plan d'épandage collectif.

Les prix de prestations en France sont présentés à titre indicatif ci-dessous. *Les tarifs sont des tarifs CUMA. Pour ETA il faut ajouter environ 20%. A cela il faut ajouter un surcoût lié au contexte de Nouvelle Calédonie (facteur x 1,5)* De plus il peut y avoir des variabilités en fonction des distances entre le champ et le stockage.

Tableau 20 : Coût des équipements et des prestations par CUMA (FR CUMA Centre)

Ensemble complet d'Epandage de Lisier :
Tonne + équipements arrières

Machine	Prix neuf €	Nombre voyages/an	Coût total € / voy	Perf. voy/ h	Coût total € / h
Epandeur lisier à 1 essieu avec buse arrière simple					
6 m ³ 1 essieu buse simple	13 400 €	200	8,8	2,00	17,5
		250	7,2	2,00	14,5
		300	6,2	2,00	12,5
8 m ³ 1 essieu buse simple	17 500 €	300	8,0	2,00	16,0
		400	6,4	2,00	12,7
		500	5,4	2,00	10,8
Epandeur lisier 19 m³ Standard + Enfouisseurs prairie 4 m					
Tonne + Enfouisseur Tonne 19 m ³ Standard Rampe de 4 m prairie à enfouisseurs/prairie	79 900 € 57 600 € 22 300 €	600	18,9	1,50	28,3
		750	15,9	1,50	23,8
		900	13,9	1,50	20,8

Epandeurs de fumier

Machine	Prix neuf €	Nombre voyages/an	Coût total € / voy	Perf. voy/ h	Coût total € / h
Hérissons Horizontaux 6 t / 8 m ³ 1 essieu	13 350 €	200	8,3	2,00	16,7
		300	5,8	2,00	11,7
		400	4,6	2,00	9,1
Epandeur 16 à 18 t / 20 m ³ 2 hérissons verticaux 3 essieux, caisse large	47 700 €	400	14,9	3,00	44,6
		500	12,2	3,00	36,5
		600	10,4	3,00	31,2
Epandeur 17 t Toutes options 2 h. vert. , 20 m ³ , pesée 2 essieux, caisse large, suspension	61 700 €	400	19,1	3,00	57,4
		500	15,6	3,00	46,9
		600	13,3	3,00	40,0

Retourneurs / Composteurs de Fumier :

Retourneur de fumier 4 m	65 000 €	15 000	0,6	450	279
		22 000	0,5	450	209
		30 000	0,4	450	169
Retourneur de fumier 5 m	85 000 €	15 000	0,8	450	347
		22 000	0,6	450	255
		30 000	0,5	450	203

Pulvérisateurs à disques

Machine	Prix neuf €	Surface annuelle (ha)	Coût total € / ha	Perf. ha / h	Coût total € / h
Pulvériseur 3,60 m 32 disques repliage manuel	13 600 €	120	11,2	1,50	16,8
		160	8,9	1,50	13,3
		200	7,5	1,50	11,2
Pulvériseur 6 m 56 disques + rouleau barre repliage hydraulique	38 600 €	300	12,8	3,50	44,9
		400	10,2	3,50	35,8
		500	8,7	3,50	30,3

4.2.2 STOCKAGE

Le stockage des lisiers et fientes présente un intérêt en vue de leur valorisation afin de répondre à la demande des utilisateurs. Il est aussi une forme d'assainissement naturel. Le stockage entraîne des pertes d'azote, assez limité dans le cas des lisiers en fosse mais relativement important pour les effluents de volailles.

Le délai d'assainissement naturel pour le lisier ou pour les fientes sèches est de soixante jours. Il est de quarante-deux jours pour le fumier mis en tas et laissé exposer à sa propre chaleur.

■ Le stockage des fientes

Pour les fientes de volailles, la volatilisation lors de la période de stockage, va varier selon les conditions de séchage au bâtiment.

Ainsi :

- les systèmes permettant un séchage rapide en séchoir ou en tunnel limitent les pertes d'azote lors du stockage à moins de 25 % de l'azote contenu dans les fientes en sortie du bâtiment,
- le stockage sous hangar de fientes pré-séchées conduit à une volatilisation d'azote de 30 % de l'azote contenu dans les fientes en sortie de bâtiment,
- Pour l'épandage des fientes séchées, à défaut de données récentes, on considère que les pertes azotées à l'épandage représentent 10 % de l'azote apporté (CORPEN, 2006).

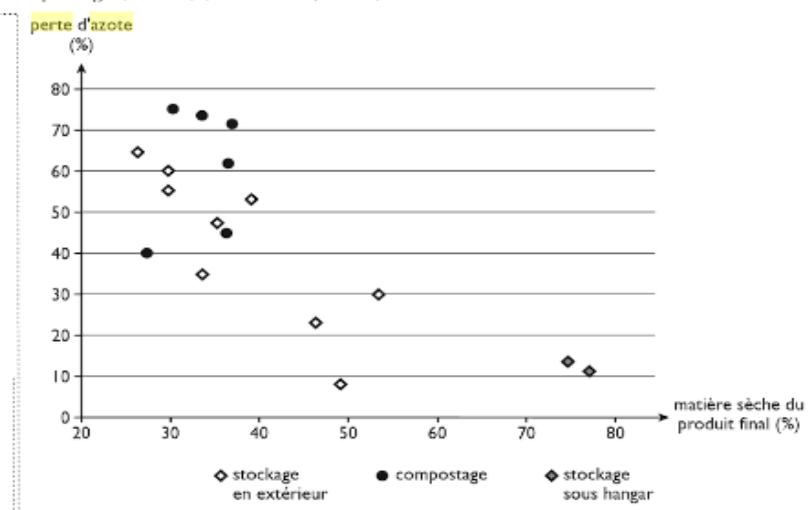
Le séchage rapide des fientes est la meilleure solution de réduction des pertes d'azote et de nuisances mais ne permet pas une élévation de la température assurant l'hygiénisation.

■ Le stockage du fumier

Les fumiers stockés à l'abri ont des pertes limitées d'azote (10%) mais ces pertes peuvent dépasser les 50% pour des fumiers stockés en extérieur ou lors du compostage.

Le coût des bâtiments couverts est de 20 000 à 30 000 XPF/m². Il est aussi possible de stocker au champ et bâcher les tas.

Importance des pertes d'azote en relation avec le taux de matière sèche du produit final sur des fumiers de poulets et de dindes au cours d'un stockage de longue durée (4 à 11 mois) ou d'un compostage (4 mois) (Delabrosse, 1998)



Les fumiers étaient placés en extérieur, bâchés ou non bâchés, ou sous hangar.

Figure 25 : Pertes d'azote en fonction des modes de stockage ou compostage (Delabrosse)

■ Le stockage du lisier

Le lisier peut être stocké en fosse béton ou en « poche », dans les deux cas la récupération du biogaz est envisageable. Le budget varie pour une capacité de 500 m³ de :

- 3 500 XPF/m³ (géo-membrane) à 11 000 XPF/m³ (cuve béton enterrée)
- 9 000 XPF pour béton externe
- 5 000 XPF/m³ pour citerne souple.

La couverture des fosses à lisiers est indispensable pour réduire les pertes d'azote et éviter l'ajout d'eau lié aux précipitations.

La collecte du biogaz produit lors du stockage est une option qui sera présentée dans un autre paragraphe.

4.2.3 SEPARATION DE PHASE DES LISIERS DE PORC

Ce type de traitement consiste à séparer le lisier en deux fractions, l'une plutôt solide, l'autre liquide. L'objectif est d'éliminer une partie de la fraction solide du lisier et de retenir les éléments liés à cette fraction comme le phosphore ou le cuivre. On obtient ainsi un engrais organique solide.

Le produit solide correspondant à 5 à 10% de la masse brute se compose de façon naturelle et devient facilement exportable (perte de 50% de sa masse en 3 mois).

La phase liquide correspond à un lisier allégé, débarrassé d'une bonne partie de ses matières organiques fermentescibles. Plus aisé à stocker car moins sujet à la décantation dans la fosse, il est aussi moins visqueux ce qui le rend plus facile à reprendre et à épandre. La séparation de phases peut s'effectuer de plusieurs façons : par décantation gravitaire, par centrifugation (décanteur centrifuge), par pressage (vis compacteuse), par filtration (tamis statiques, rotatifs ou vibrants) ou par coagulation-flocculation.

L'ensemble de ces procédés est présentés ci-après et sont facile à épandre.

La plupart des tamis retiennent au moins 30 % de la matière sèche initiale du lisier, 15 à 30 % du phosphore, mais pratiquement pas d'azote. L'utilisation de produits polymères avec les décanteurs centrifuges permet d'obtenir des taux de capture plus élevés (65 à 70 % pour la matière sèche, 30 à 35% pour l'azote, 75 à 85% pour le phosphore).

■ Tamis statique

 Coût d'investissement	 Coût de fonctionnement	 Maintenance	 Main d'œuvre
500 000 à 800 000 F et jusqu'à 1,5 MF pour les tamis vibrants	Peu élevé	Matériel rustique entretien simple	Simple surveillance Prévoir parfois décolmatage des grilles

La filtration se fait par écoulement gravitaire. La fraction solide est récoltée à la base alors que la fraction liquide est collectée sous la grille. L'obstruction des mailles peut être le principal inconvénient des tamis

statiques. Ces effets sont moindres avec les tamis vibrants, les vibrations favorisant le passage du liquide en délogeant les particules. Pour chacun de ces tamis, il existe une dimension de maille permettant de faire un compromis entre les performances de rétention, le débit de traitement (cf graphique) et les risques de bouchage. Par ailleurs, il faut un apport régulier de lisier pour éviter que les particules ne sèchent.

La capacité de déshydratation des tamis fixes demeure limitée puisque la fraction retenue n'a généralement qu'un taux de matière sèche de 11-14 %. Dans ces conditions, le refus nécessitera un adjuvant tel que de la paille ou de la sciure pour pouvoir composter. Les tamis fixes se prêtent plutôt à des lisiers peu épais (moins de 5 % de matière sèche). Pour les tamis vibrants les plus performants, des teneurs en matière sèche supérieures à 20 % sont parfois rapportées.

La fraction liquide est beaucoup plus facile à épandre, limite les risques de bouchage des équipements. (Levasseur IFIP)

■ Vis compacteuse



Coût d'investissement

Prix nu environ 2 MF + installation



Coût de fonctionnement

60 à 100 F/M3 selon volumes. Les puissances installées sont de 3-4 kW



Maintenance

Robuste, peu nécessite l'appui d'un spécialiste en cas de dysfonctionnement



Main d'œuvre

Simple surveillance

Le lisier arrive par gravité ou par l'intermédiaire d'une pompe dans une grille cylindrique (dimension intérieure des mailles : 200 à 500 µm). Une vis sans fin à rotation lente pousse le lisier vers un dispositif de fermeture à pression contrôlée. Sous la pression, le liquide se décharge en passant à l'extérieur du cylindre, il s'écoule ensuite par gravité. Les éléments particulaires sont retenus et s'accumulent pour former un bouchon. Le dispositif de contrôle du bouchon est réglable, il permet en outre de faire varier le débit de lisier traité et le taux de siccité de la fraction solide.

Pour une taille de maille de 450 µm, le débit de traitement sera de 6 à 10 m3/h selon le modèle et les caractéristiques du lisier. Le refus de vis compacteuse représente environ 50 kg de matière par m3 de lisier brut traité, 4 à 8 % du volume initial et 15 à 30 % de la fraction solide contenue dans le lisier. (Levasseur IFIP)

■ Décanteuse centrifuge

 Coût d'investissement	 Coût de fonctionnement	 Maintenance	 Main d'œuvre
4 à 6 MF pour 1,5 à 2 m ³ /h à plus de 10 MF pour 25 m ³ /h automatisé + installation	70 à 250 F selon volumes hors main d'oeuvre	Contrat de maintenance	Nécessite entretien courant

Une pompe volumétrique achemine le lisier brut, préalablement homogénéisé et dégrillé, dans la décanteuse via une canalisation centrale. La rotation du bol de décantation, de l'ordre de 3000 à 4000 tours par minute, exerce une force centrifuge sur les sédiments qui se déposent sur le pourtour. Une vis convoyeuse interne tournant à une vitesse légèrement plus élevée, permet de racler, compacter et évacuer la fraction solide vers un orifice.

La centrifugation s'effectue essentiellement sur du lisier brut. Elle permet alors d'obtenir, avant compostage, 100 kg de produit par m³ de lisier traité. (Levasseur IFIP)

La composition pour un refus frais correspond à 30-35 % de matière sèche : 11,0 kg N/t – 23 kg P₂O₅/t – 3 kg K₂O/t.



Figure 26 : Photo tamis statique, vis compacteuse mobile et centrifugeuse

4.2.4 COMPOSTAGE

4.2.4.1 Compostage concepts généraux



Coût d'investissement

Plate forme centralisée
 - 15 000 F/tonne/an pour le compostage lent ;
 - 25 000 F/tonne/an pour le compostage accéléré à l'air libre ;
 - 30 à 55 000/tonne/an pour le compostage accéléré sous bâtiment.

(données ADEME 2006)



Coût de fonctionnement

Plate forme centralisée
 3500 à 5000 F/t (plus cher pour biodéchets)
 Agricole
 100 F/t de fumier pour le retourneur d'andains



Maintenance

Procédés simples et robustes



Main d'œuvre

Besoin d'un savoir faire pour la réalisation d'un compost de qualité

Le compostage est un procédé de transformation aérobie (en présence d'oxygène, contrairement à la méthanisation qui est une réaction anaérobie) de matières fermentescibles dans des conditions contrôlées. Il permet l'obtention d'une matière fertilisante stabilisée riche en composés humiques. Le compostage s'accompagne d'un dégagement de chaleur et de gaz, essentiellement du gaz carbonique si l'aération est suffisante.



Figure 27 : Plateforme de compostage – Compost bâchés (Ademe)

Dans le processus de compostage on peut distinguer 4 phases chronologiques, en lien avec le dégagement de chaleur dû à l'activité des microorganismes : (1) mésophile, (2) thermophile, (3) de refroidissement, (4) maturation. Le gérant d'une plate-forme distingue ainsi dans le compostage la phase de fermentation, qui dure en général quelques semaines, de la phase de maturation, qui peut durer plusieurs mois, notamment pour les déchets ligneux.

Le principal avantage du compostage est la montée en température permet la destruction des pathogènes.

Néanmoins le compostage va entraîner une perte de matière organique et des pertes en éléments fertilisants d'autant plus important que le compostage est long et mal conduit. La perte constatée par plusieurs analyses a montré une baisse de 50% du carbone, 30 à 70% pour l'azote et si l'andain n'est pas couvert jusqu'à 50% du potassium.

Paillat (Inra) a observé pour les composts de fumier de vaches laitières les pertes moyennes suivantes :

Tableau 21 : Pertes en éléments fertilisants (Paillat INRA)

Pertes moyennes d'éléments lors du compostage (% initial)

	Durée (jours)	MS	eau	MM	MO	NtK	N-NH ₄ ⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O
Moyennes									
mise en tas	19	15%	32%	-22%	20%	25%	10%	0%	10%
compost jeune	37	36%	59%	-49%	48%	35%	47%	0%	17%
compost mûr	219	53%	70%	-45%	66%	53%	100%	0%	20%

Le compostage des fumiers de volailles entraîne une perte de 30 à 40% de l'azote et peuvent atteindre (si les retournements sont très fréquents) 50 à 60 % (Sciences et Techniques Avicoles, hors série 2001). Un fumier simplement stocké à labri perd 15 à 20 % de son azote (essentiellement sous forme ammoniacale).

Le compostage est adapté aux fumiers de volailles, au lisier de porc en mélange avec des déchets verts, aux fientes de volailles seules ou en mélange avec des déchets verts. On peut réaliser des « recettes » en ajoutant des composés pour disposer d'une formule d'engrais organique adaptée au consommateur.

En France d'après une étude ADEME 2006, plus de la moitié des unités et 2/3 des tonnages semblent concernés par un problème d'odeur. Les problèmes d'odeurs sont plus fréquents sur les grandes unités de compostage (supérieures à 20 000 tonnes de déchets traités par an) et sur les plates-formes traitant des bio-déchets des ménages, plus occasionnels sur les plates-formes traitant des boues ou des déchets verts.

En France sur les plates-formes le compost est commercialisé sous la norme NF U 44-051, en vrac avec des prix dégressifs selon le tonnage : 3500 XPF la tonne de 0 à 2 t, 3000 XPF/T de 2 à 20 t,... jusqu'à moins de 1000 XPF/T pour 2 000 t et plus. La vente du compost couvre 20% des coûts de fonctionnement la collectivité (et taxes OM) payant le reste.

4.2.4.2 Techniques de compostage

On peut distinguer plusieurs solutions :

- Compostage à ciel ouvert

C'est la méthode la plus pratiquée, car elle est la plus simple et la plus économique à mettre en œuvre. Elle est particulièrement bien adaptée aux traitements des déchets verts. Les andains, d'une hauteur de l'ordre de 2 à 3 mètres, sont retournés périodiquement au chargeur ou à l'aide d'un retourneur d'andain, en particulier les premières semaines durant la phase active de compostage. La durée de traitement, maturation comprise, est de plusieurs mois.

- Compostage en casier/couloir sous aération forcée

Ce procédé est souvent employé pour le compostage des boues d'épuration urbaines ou industrielles, préalablement déshydratées, parfois après une étape de digestion anaérobiose. Les boues sont ajoutées à un structurant, selon un ratio massique de l'ordre de 1:1, et mises en casier sous aération forcée durant 3-4 semaines, avec un éventuel retournement intermédiaire (changement de casier). Au bout de cette période, le produit est criblé et le structurant recyclé en tête de procédé. La maturation du compost se fait en andains. Le structurant est constitué habituellement de déchets de bois ou d'écorces ou de déchets verts broyés. Les casiers sont placés sous bâche ou sous auvent ou en bâtiment fermé. L'aération forcée peut être effectuée par insufflation (aération positive) ou par aspiration (aération négative). Dans le cas d'un bâtiment fermé, l'air vicié est capté et traité.

- Compostage en réacteur fermé

Ce procédé s'apparente au compostage en casier, mais avec un niveau de confinement supérieur. Chaque tunnel ou caisson constitue un réacteur fermé et piloté de façon autonome en termes d'aération et de gestion de l'humidité. Il est utilisé notamment pour les bio-déchets industriels ou ménagers (issus de collecte sélective), particulièrement fermentescibles.

- Le compostage au champ

La technique du compostage au champ consiste en une mise en andain par « bennages » successifs des remorques, sans les tasser les unes contre les autres, sur une hauteur d'homme environ et sur 3 à 3,5 m de large. Il faut prévoir un couloir de circulation de 5 m de chaque côté du tas. 2 retournements minimum sont ensuite pratiqués, avec un délai de 10 jours à 3 semaines entre chaque retournement. Même si le compost est utilisé jeune, une durée de 3 semaines est conseillée après le dernier retournement avant l'épandage.



Figure 28 : Compostage au champ (photo Weill)



Figure 29 : Broyeur de déchets verts La coulée (Mont d'Or - csp)

■ Le compostage des fientes et fumiers de volailles spécificités

Pour les **fumiers de volailles**, le compostage se fait sur une durée de 45 jours avec 3 retournements réalisé avec un retourneur d'andains. Le processus de compostage va nécessiter d'ajouter de l'eau le fumier de volailles étant trop sec 500 l/t pour un fumier à 75% de MS.

Les fientes humides sont très fermentescibles. Leur compostage avec retourement mécanisé génère d'importants dégagements d'odeurs et d'ammoniac difficilement maîtrisable, de plus le procédé attire les mouches. Le séchage en hangar sans retournement qui repose également sur un phénomène de compostage génère moins d'odeurs et l'élévation de la température assure une bonne hygiénisation.

Le compostage des fientes peut s'opérer avec les étapes suivantes

- collecte des fientes sur tapis
- pré-séchage des fientes à l'aide d'un dispositif de ventilation
- évacuation des fientes en bout de tapis et stockage sur une aire bétonnée et couverte

Le pré séchage sur tapis suivi d'un stockage de 4 mois est la solution la plus efficace pour obtenir une bonne hygiénisation.



Figure 30 : Séchage de fientes sous hangar (Itavi)

■ Compostage des déchets verts et du lisier en mélange

Les déchets verts provenant des collectivités peuvent servir de substrat carboné pour le compostage du lisier de porc ou des fientes. Le ratio de mélange (en masse) est de 50 % de déchets verts et 50 % de lisier ou fientes. Le procédé consiste à injecter progressivement du lisier dans les déchets verts lors des phases de retournement. Ainsi 2 à 3 retournements avec injection de lisier ont lieu par semaine, sur 3 semaines environ. Il s'ensuit une phase de fermentation en aération forcée (2 retournements sur également trois semaines). Puis le produit subit si nécessaire (par exemple s'il doit être exporté), une phase de maturation de 3 - 4 mois. En pratique la réussite du compostage des lisiers avec des déchets verts nécessite une bonne coopération entre l'éleveur et la collectivité concernée, notamment afin d'assurer la qualité des déchets verts (tri, broyage,...).

Les déchets verts peuvent aussi être mélangés aux fientes puis compostés en vue d'obtenir un amendement enrichi.

En France métropolitaine plusieurs communes ont noué un partenariat avec des agriculteurs pour la production de compost à partir de déchets verts à la ferme. La collectivité livre aux agriculteurs des déchets verts broyés. La CUMA assure la gestion du retournement entre les agriculteurs adhérents.

■ Compostage BIOMAX

Biomax est un procédé de compostage accéléré. La matière est mélangée dans une cuve chauffée avec des bactéries ajoutées pour accélérer le procédé. La capacité est de 15 ou 50 t/24 h. Le temps de compostage est de 24h. L'investissement dans l'équipement seul est de 100 MF pour une unité de 15 t/jour à 250 MF pour une unité de 50 t/jour. La consommation par cycle pour 50 t entrée et 35 t sortie est de 2300 kWh d'électricité, 600 m³ gaz (6000 kWh) et 50 kg d'enzymes. Le coût des consommables est donc de 4200 XPF/T de compost produit. Avec l'amortissement et la main d'œuvre le coût est d'environ 6000 XPF/T.



Figure 31 : Composteur BIOMAX (Biomax)

L'intérêt du système biomax est sa faible emprise au sol, un contrôle du procédé avec la possibilité de faire des « recettes » de compost ou d'engrais. L'autre atout est la limitation des pertes d'azote du fait de la rapidité du procédé.

4.2.4.3 Données économiques sur le compostage

Selon une étude ADEME (2006), les installations de compostage lent ont été conçues en moyenne pour 90 000 000 F ; les installations de compostage accéléré à l'air libre mobilisent 2 fois plus d'investissement; les installations de compostage sous bâtiment, plus de 4 fois plus. Exprimé en tonnes de déchets entrants, le montant des investissements s'élève en moyenne à :

- 15 000 XPF/Tonne/an pour le compostage lent ;
- 20 000 XPF/Tonne/an pour le compostage accéléré à l'air libre ;
- 50 000 XPF/Tonne/an pour le compostage accéléré sous bâtiment.

Si on exprime les montants d'investissements par m² de surface utile, les coûts sont très différents :

- de l'ordre de 10 000 XPF/m² pour le compostage lent, mais la surface à construire est plus importante ;
- plus de 25 000 XPF/m² pour le compostage accéléré à l'air libre ;
- environ 60 000 XPF/m² pour le compostage accéléré sous bâtiment.

Les boues urbaines et les bio-déchets de ménages présentent les coûts de traitement les plus élevés (respectivement 5500 XPF et 3900 XPF la tonne de déchets - en 2005) en raison principalement :

- de conditions d'exploitation difficiles (odeurs, lixiviats, consistance des produits...) impliquant des moyens importants : aération forcée, compostage sous bâtiment, traitement des effluents et des odeurs... ;
- des coûts élevés des filières alternatives : incinération, enfouissement. Le coût de traitement moyen des déchets verts en fonction des régions varie assez peu (2700 à 3200 XPF/T)

En milieu agricole, un chantier de 100 t de fumier composté épandu à 500 m a un coût de :

- Vidange de stabulation, transport au champ et mise en andain : 3 h 03 – 15 000 XPF
- Deux retournements : 0 h 24 – 8 000 XPF
- Chargement, transport et épandage : 2 h 05 – 10 000 XPF
- Coût total du chantier : 33 000 XPF Temps total du chantier : 5 h 32

Le coût de compostage à la ferme du refus de séparateur a été évalué à 3 500 XPF /t traités (9 000 XPF/T obtenus) pour le compostage classique et à 2 500 XPF/T (6 000 XPF/T obtenus) pour le compostage à aération forcée. (Pere Freixa. Cooperativa Plana de Vic Espagne)

4.2.5 CHAULAGE DES FIENTES

 Coût d'investissement	 Coût de fonctionnement	 Maintenance	 Main d'œuvre
Unité de chaulage 5 à 20 MF	10 000 F / T MS	Equipement robuste mais usage produits dangereux (chaux)	Réalisé par entreprise spécialisée



Figure 32 : Mélangeur boues/chaux (Sodimate)

Le pH alcalin (> ou égal à 12) et la réaction exothermique qui en résulte sont les principaux facteurs de désinfection. Le mélange des fientes avec la chaux vive est réalisé à l'aide d'un procédé mécanisé après chargement des fientes dans une trémie d'alimentation le dosage est de 7 à 10 % du mélange ; Ce procédé permet une montée rapide (5 minutes) et violente en température des fientes à 70°C. Il est nécessaire de s'équiper d'une sonde pour contrôler la température du tas (70°C pendant 1 heure). Un stockage de 7 jours est nécessaire avant épandage. A noter qu'il existe à ce jour peu de retours sur cette méthode. Compte tenu des risques liés à cette opération, il est conseillé de faire appel à un prestataire extérieur. Le chaulage est une solution très développée dans le traitement des boues de station d'épuration. . Le coût du chaulage des boues est de 100 €/t de MS. Le chaulage entraîne aussi une perte d'azote sous forme d'ammoniac. Pour le chauffage des boues. Reverdy (2011) estime les pertes d'azote à 40%.

4.2.6 SECHAGE

Coût d'investissement	Coût de fonctionnement	Maintenance	Main d'œuvre
Selon les technologies le coût varie de 10000 à 45000 F/TMS.an pour une unité de séchage	de 5000 à 20000 F/TMS en fonction de l'énergie utilisé, lavage d'air...	relativement important	personnel technique spécialisé

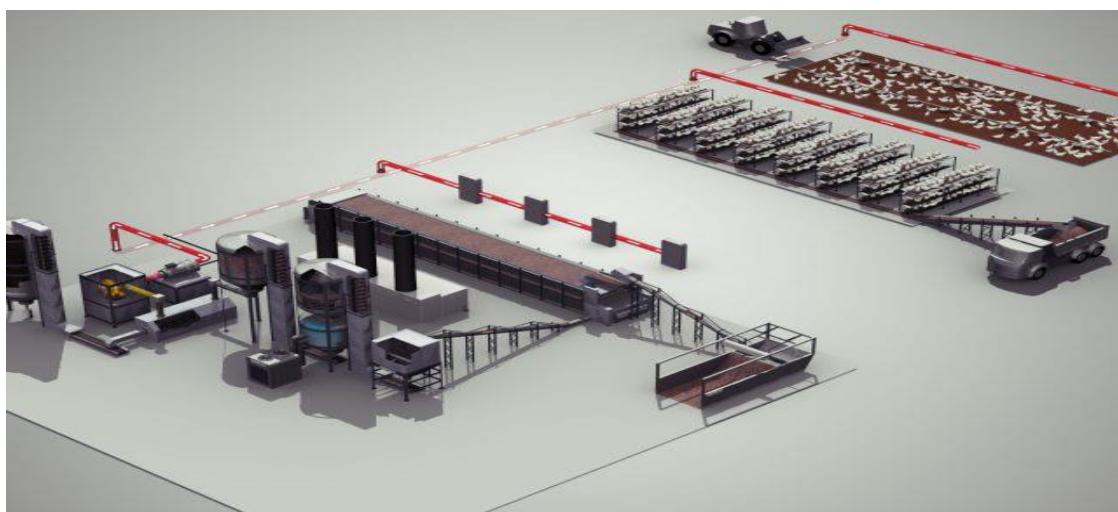


Figure 33 : Unité de séchage granulation (Dorset)

Le séchage permet de proposer un produit facile à stocker et à transporter. Le séchage seul n'est pas un procédé d'hygiénisation.

Le séchage thermique repose sur 2 méthodes principales :

- **le séchage direct**, c'est à dire que les boues sont au contact de la source chaude et que l'air est injecté directement pour permettre leur combustion. Il nécessite ensuite un traitement spécifique de cet air, chargé en polluants de toutes sortes. Les sécheurs directs ne peuvent généralement pas produire des produits de siccité supérieure à 70 % à cause de risques d'inflammation ou d'explosion. Cette solution est la plus économique.
- **le séchage indirect**, qui est un séchage total. Les produits sont chauffés par un fluide caloporteur circulant dans des tuyaux parfaitement isolés. Les sécheurs indirects peuvent former, sans aucun danger, des produits de siccité supérieure à 90 % et parfois même à 95 %.

Tous les types de sécheurs nécessitent, néanmoins, une surveillance attentive continue par un personnel qualifié, du fait du risque d'endommagement des installations.

Dans tous les cas, ces systèmes sont très consommateurs d'énergie : la consommation électrique est d'environ de 30-70 kWh par tonne d'eau évaporée et la consommation en énergie thermique est d'environ 1 kWh/kg d'eau évaporée soit une consommation de 80L de fioul/tonne d'eau évaporée.

Il est donc quasiment obligatoire, pour le séchage thermique, d'utiliser une source d'énergie économique si l'on veut obtenir au final un bilan intéressant. Il semble alors très intéressant de valoriser le biogaz comme source d'énergie du sécheur.

Les sources possibles d'énergie peuvent être le fumier de volaille (perte des éléments fertilisants), la chaleur de cogénération associée à un tapis de séchage ou la biomasse sèche (broyat de palette, déchets verts type branches...).



Figure 34 : Tunnel séchage (Big Dutchman)

Les tunnels de séchage utilisent l'air du bâtiment pour assurer le séchage de fientes. La consommation en énergie est de 2 kWh/animal/an soit une consommation 10 fois inférieure à un séchoir utilisant une autre source d'énergie.

Séchage avec l'air du poulailler

Pour le séchage des fientes d'un poulailler de poules pondeuses, on place un tunnel de séchage VDL-4L32M avec une surface de 250m² de plaques perforées. Les fientes de 104.000 poules pondeuses sont amenées directement du poulailler au tunnel 2 fois par jour au moyen d'un tapis de transport. La ventilation minimale de 2m³/heure/poule est forcée entre les plaques. Ceci garanti le passage en 2 jours de 30% à >80% de matière sèche. A ce moment le poids des fientes a diminué de 72% et le volume de plus de 50%. Les fientes sont stockées dans un conteneur et vendues pour être brûlées ou retravaillées.

Séchage centrale des fientes.

Pour le séchage central des fientes un tunnel VDL-2L26M est placé avec une surface de 104m² de plaques. Les fientes de 80.000 poules de plusieurs poulaillers sont réparties sur le tunnel en partie directement à partir du poulailler et en partie à partir d'un conteneur. Le tunnel se situe dans un bâtiment central. Des ventilateurs haute pression tirent l'air extérieur au moyen d'échangeurs eau/air travers la couche de fiente sur le tunnel. Les sources d'énergie sont des chaudières biogaz qui délivrent 500kw de chaleur en réchauffant l'eau à 90°C. Par ce procédé les fientes passent de 30% à 85% de matière sèche en 1 jour.

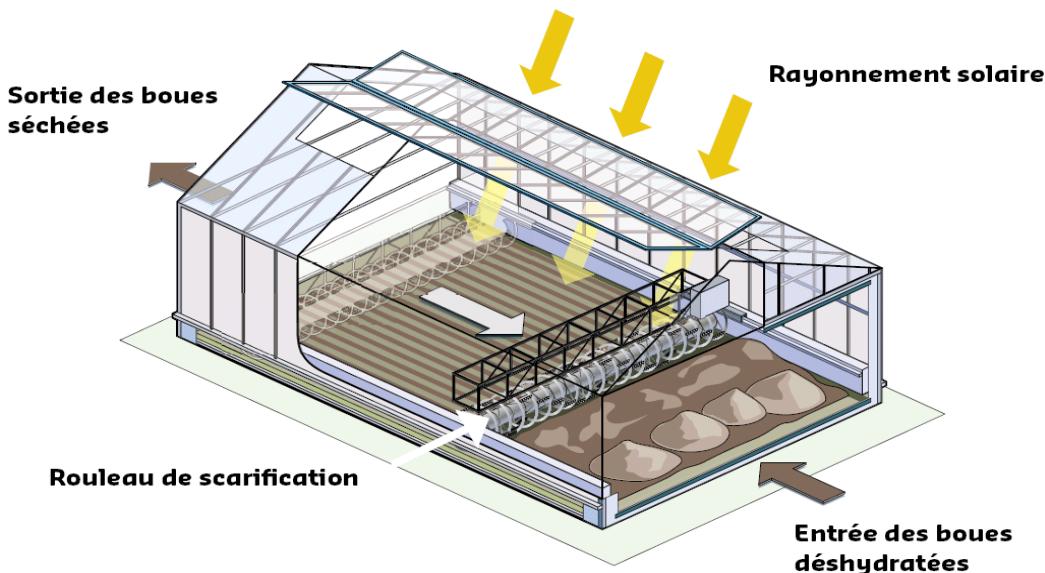
Figure 35 : Exemples séchage (VDL Agrotech)



Figure 36 : Sécheur direct avec gazéificateur biomasse

Le séchage avec tambour est la solution la moins coûteuse en investissement mais potentiellement la plus coûteuse en fonctionnement si l'énergie utilisée est le fuel ou gaz. Des solutions fonctionnant à la biomasse sont aujourd'hui proposées.

Le séchage solaire est une solution de séchage déjà utilisé pour les boues de station d'épuration qui pourrait être appliquée aux fientes, fumier et refus de séparation pour produire une matière sèche mais non hygiénisée.



Principe de fonctionnement du séchage solaire par Héiantis

Figure 37 : Serre pour le séchage des boues (Héiantis)

L'intérêt principal du séchage solaire est la faible consommation d'énergie à la différence du séchage thermique classique. La consommation d'énergie peut-être inférieure à 100 kWh/tonne d'eau évaporée contre 1000 kWh pour un séchoir direct.

Le dimensionnement est de 250 kg de MS/m².an en séchage naturel à 500 kg de MS/m².an en séchage associé à un plancher chauffant. Par exemple pour 3000 t de matière à 20% de MS à ramener à 75% cela correspond à une surface de 1500 à 3000 m².

De manière générale, les installations à séchage rapide limitent les pertes d'azote par voie gazeuse (surtout sous forme d'ammoniac) à 20-25 %. A l'opposé, le système en fosse profonde est très émetteur d'azote (70 %), car les processus mis en jeu ressemblent davantage à du compostage, avec consommation de matière organique. Les fosses profondes qui émettent beaucoup d'ammoniac apparaissent ainsi comme un système très polluant pour l'atmosphère.

4.2.7 GRANULATION

L'intérêt principal de la granulation est de proposer un produit épandable par les agriculteurs avec l'épandeur à engrais chimique déjà utilisé. Les granulés peuvent ainsi être utilisés lors de la culture à la différence des autres formes qui ne peuvent être utilisés qu'avant le semis.

La matière première à granuler doit avoir moins de 20% d'humidité ce qui nécessite un séchage préliminaire (en serre par exemple). Ensuite la matière est broyée et compressée.

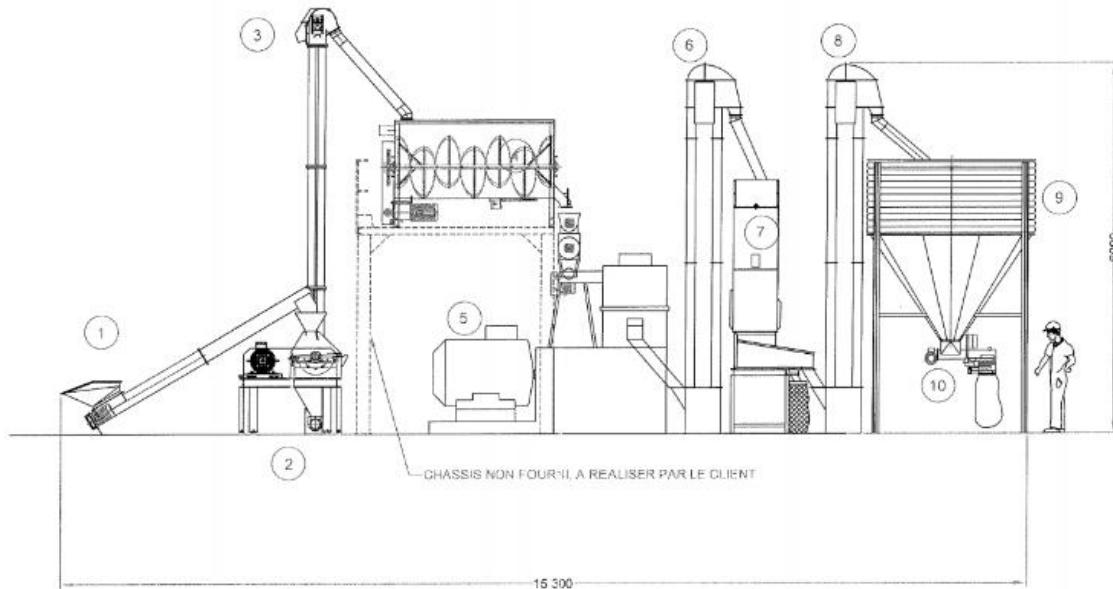


Figure 38 : Schéma unité de granulation 1,5 t/h

L'unité de granulation de 1,5 t/h nécessite une puissance électrique d'environ 30 kW.

L'investissement dans une unité de 70 t/h est d'environ 70 millions xpf et le coût de granulation de 12000 xpf/t.

4.2.8 METHANISATION

 Coût d'investissement Variable selon volume à traiter et usage du gaz. Installation à partir de 10 000 €	 Coût de fonctionnement Variable selon usage du gaz. Le moteur de cogénération est le poste le plus couteux	 Maintenance Variable selon technicité et équipements	 Main d'œuvre Selon unité de quelques minutes à 1 temps plein
---	---	--	---

La méthanisation est un procédé de traitement anaérobiose des matières organiques. Les intérêts de la méthanisation sont

- production d'énergie équivalente à 2100 kWh/t MS (200 l fuel)
- réduction significative des odeurs
- réduction de la pollution organique par consommation du carbone environ 50%
- pas de modification des teneurs en NPK
- réduction des pathogènes (mais pas suffisant)

Le gaz produit peut être utilisé pour la cuisson, production d'eau chaude, la production électrique (rendement 30%) et cogénération sous forme d'eau chaude 90° (rendement 50%) ou tri génération sous forme d'eau froide (rendement de 30%) ou comme carburant (après épuration du CO₂).



Figure 39 : Digesteur béton ou couverture flottante sur fosse existante

Le procédé de méthanisation reste simple et robuste, la maintenance principale étant liée aux équipements de consommation du gaz. Les matières pouvant être méthanisées sont les lisiers, les fientes (pas à 100%), les bio-déchets, les déchets agro-industrielles, eaux usées... la méthanisation pour des déchets agro-industriels et bio-déchets est particulièrement intéressant car le traitement est réalisé en enceinte hermétique contrôlée.

Il existe de nombreuses solutions techniques de méthanisation :

- digesteurs béton de 10 à 200 m³
- couverture de fosse existante avec récupération du biogaz
- digesteurs souples

La valorisation sous forme de production électrique n'est intéressante qu'avec valorisation de l'énergie thermique produite par le moteur sous forme d'eau chaude ou de froid : abattoirs, agro-industriel, sécheur de produits agricoles, forestiers ou d'effluents.

La production de biogaz est liée à la teneur en MS des matières premières : de 10 m³/m³ pour les lisiers de porc à 100 m³ pour les bio-déchets par exemple.

L'hygiénisation des matières entrantes est réalisable pour des bio-déchets, fientes, produits agro-industriel. En sortie le digestat peut subir une séparation de phase permettant de séparer la fraction solide qui pourra être épandu avec ou sans compostage et la fraction liquide pouvant dans certains cas être recyclé ou épandu.

Figure 40 : Épurateur/comresseur 1 m³/h



En NC la méthanisation est intéressante à plusieurs niveaux :

1. Petites éleveurs porcins :

L'installation de micro digesteurs de 10 m³ pour la production de gaz cuisson, eaux chaudes... (Budget inférieur à 500 000 XPF/U).



Figure 41 : Construction digesteur de 10 m³ / Digesteur souple

2. Gros éleveurs :

La taille d'une installation se heurte à l'usage du biogaz. La production d'électricité a un rendement de 30% et un élevage de 100 porcs représente un potentiel de moins de 5 kWé. La chaleur ne peut pas être valorisée facilement. La production de bio GNV semble plus intéressante avec l'installation d'un épurateur/comresseur. La production d'un élevage de 100 porcs correspond à environ 7000 l équivalent gazoil. Des fermes en Finlande pratiquent déjà ce système de vente de carburant aux voisins abonnés. Une installation de ce type a un budget d'environ 5 à 7 000 000 XPF.

3. Site agro-instrustriel, secteur urbain :

Les déchets d'abattoirs, les bio-déchets... ont un fort potentiel de méthanisation. Ces sites peuvent valoriser l'énergie d'une cogénération en production de froid ou de chaleur. Une unité de 100 kW électrique + 175 kW thermique ou 113 kW froid peut être alimenté par 5000 t de déchets, fientes. L'investissement est d'environ 50 à 75 millions XPF avec une production de 800 000 kWh d'électricité injecté et 900 000 kWh froid. Le biogaz peut aussi être épuré et compressé et produire l'équivalent de 300 000 l de gazoil.

4.2.9 PRODUCTION DE FARINE DE SPA

La production de farine à partir de SPA est couramment réalisée pour les déchets issus des abattoirs, les animaux morts... La farine peut être utilisée pour la production de Pet-Food ou comme engrangement riche en azote. Le principe consiste à stériliser à haute température et sous pression les produits préalablement broyés. L'énergie est fournie par une chaudière fuel utilisant en général aussi le suif (graissé) collectée lors du process.

L'abattoir OCEF est équipé d'une unité de production de farine avec une capacité de 817 tonnes de déchets SPA et de 58 000 litres de sang, La production de 203 tonnes de farine de viande et de 9.5 tonnes de farine de sang, ainsi que 89 tonnes de suif.

L'investissement pour cette unité était de 148.4M FCP (en 1986) dont 135 M FCP pour les murs et matériel.



Figure 42 : Unité de production de farine OCEF

5 CONCLUSION

5.1 ADÉQUATION DE LA PRODUCTION AVEC LES BESOINS

5.1.1 RAPPEL

Au travers de cette phase 1 il a été identifié que :

L'Amendements organiques permet d'améliorer le sol :

- Apport de matière organique / accroissement de la stabilité du sol et rôle d'éponge pour retenir l'eau et éléments nutritifs - essentiel pour préserver les bénéfices environnementaux et agronomiques du sol /pertes 1 200 à 2 000 kg/an.
- En Nouvelle-Calédonie taux de MO satisfaisant (3,5 à 5%) mais il y a une perte de MO par minéralisation ; En Beauce des analyses ont montré une baisse de 50% en 20 ans = baisse des rendements

Amendements organiques MS>30%. N, P et K<3% pour chacun d'entre eux. N+P+K<7 % (norme NF U44-05)

L'Engrais organiques et organo-minéraux permettent de nourrir les plantes

- Disponibilité variable du N
- Exemple : lisier, fientes/fumier, SPA

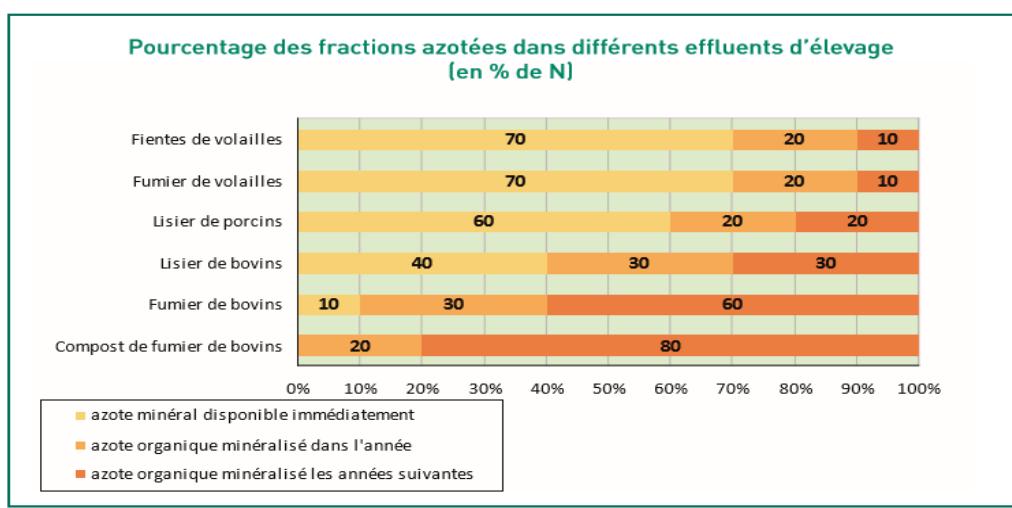


Figure 43 : Pourcentage des fractions azotées dans les différents effluents d'élevage

Engrais organiques et organo-minéraux N,P et K $\geq 3\%$ d'au moins un de ces trois éléments. N+P+K>7 % (norme NF U42-001)

5.1.2 ADÉQUATION PRODUCTION / BESOINS

Si on considère les MAFOR dans leur ensemble, il a été identifié que les concentrations en azote potentielles dans les fientes, fumiers de poules et lisiers pouvaient répondre aux besoins des grandes cultures.

Potentiel MAFOR	Quantité en t	N	P	K	CaO	MO stable
Fientes de volailles	6000	120	120	60	240	600
Lisier	32000	96	32	32	115,2	224
Fumier volailles	2000	40	40	40	40	240
Compost déchets verts	20000	160	70	120	400	2660
Compost biodéchets	8000	62,4	41,6	84	320	560
Déchets cahmés	2000	100	100	0	0	0
		578,4	467,6	336	1115,2	4284
2025						
Fientes de volailles	8000	160	160	80	320	800
Lisier	43000	129	129	43	154,8	301
Fumier	8000	160	160	160	160	960
Compost déchets verts	22000	176	77	132	440	2926
Compost biodéchets	10000	78	52	105	400	700
Déchets cahmés	3000	150	150	0	0	0
		853	728	520	1474,8	5687
Besoins						
Surface actuelle	N kg	P	K	CaO	MO stable	
Grandes cultures	1295	259	78	518	907	
Cultures fourragères	910	102	55	182	364	910
Pâturage amélioré	23000	230	115	230	230	230
Production fruitière	893	73	18	82	91	455
Marachage (2 cycles) PC	696,4	139	111	139	279	1393
	883,08	357,499	710,88	1481,56	3894,3	
Achats 2017 engrais chimiques	423	304	396	169		

La phase 2 permettra d'approfondir les scénarii proposés et de les corréler avec les besoins réels des grandes cultures. Les grands principes de scénarii devant être développés en phase 2 sont synthétisés en au paragraphe suivant.

5.2 PROPOSITIONS & RECOMMANDATIONS

5.2.1 VALORISATION DU LISIER

Équipements & solutions	Avantages	Investissement	Coût fonctionnement	Maintenance	Main d'œuvre	Produits	Observations
Séparation de phase	Réduire pollution en P Produire un « engrais » organique	€ 0,5 MF tamis 2-3 MF vis (mobile)	€ 60-100 F/m3	✗	⌚	Engrais organique (après compostage) (150 F/m3 lisier)	Équipement collectif ou individuel
Système pendillards ou enfouissement	Réduire pertes de N	€ 10 MF (avec cuve)	€ 100-150F/m3	✗	⌚	« Engrais » (600 F/m3)	Entreprise, individuel
Stockage (méthanisation)	Répondre aux besoins agriculteurs Réduire pertes de N Produire l'énergie	€ € 5-10 000 F/m3 stock	€	✗	⌚	Biogaz (500 F/m3)	Unité centralisé (selon opportunités) ou individuel

Au sein des élevages :

- Accompagner les éleveurs pour calculer les doses d'épandage répondant aux besoins des plantes, augmenter la production de céréales pour l'alimentation porcs, fourrages... les analyses de sol et de lisier sont indispensable mais restent difficiles la Nouvelle-Calédonie n'ayant pas de laboratoire.

Surplus de lisier :

- Utiliser le lisier excédentaire sur les grandes cultures :
 - Coordonner les relations producteurs/consommateurs (intermédiaire)
 - développer un service d'épandage avec enfouissement (respect des normes de bio sécurité)- prix épandu
 - accompagner les agriculteurs pour l'utilisation d'engrais organique (démonstration de l'intérêt technico-économique)
 - contrat éleveurs/agriculteurs (lisier restant un déchet)
 - augmenter les capacités de stockage / méthanisation
- Produire un engrais organique issu de la séparation de phase (structure intermédiaire, équipement mobile)

5.2.2 VALORISATION DU FUMIER

Équipements & solutions	Avantages	Investissement	Coût fonctionnement	Maintenance	Main d'œuvre	Produits	Observations
Stocker sous abri 42 jours	Répondre aux besoins Réduire pertes de N Assainir	€ € €	€	✗	⌚	Engrais (6000 F/t)	A la ferme ou collectif
Compostage lent (sous abri, humidifié...)	Assainir	€ €	€ €	✗	⌚	Engrais (5000 F/t)	A la ferme ou collectif Formulation Perte d'azote de 20 à 80% perte de P et K si mal réalisé
BIOMAX (50 t/jour)	Assainir Réduire pertes de N	€ € € 300 000 000 F	€ € € 10000 F/t compost	✗ ✗	⌚ ⌚	Engrais (12000 F/t)	Equipement ETA Formulation
Granulation	Produire engrais facile à épandre	€ €	€ €	✗ ✗	⌚	Engrais (20000 F/t)	Equipement collectif Epandage (augmente temps)
Épandeur 19 t à table (+ enfouissement)	Réduire pertes azote	€ 10 MF	€ 100 - 150 F/m³ épandage	✗	⌚		Equipement entreprise
Benne fond mouvant 100 m3	Améliorer logistique compost et fumier vrac	€ 5-10 MF	€	✗	⌚		Equipement entreprise

Fumier de volaille

- Utiliser le fumier sur grande culture, maraîchage :
 - ➔ Développer l'assainissement naturel par stockage 42 jours = hangar ou stockage sous bache (intermédiaire ?)
 - ➔ Granulation en option
 - ➔ épandable avec équipement existant mais plus de temps d'épandage 2 t urée = 10 ha / 2 t granulés fientes = 1 ha)
 - ➔ double le prix
 - ➔ coordonner les relations producteurs/consommateurs (intermédiaire)
 - ➔ développer un service d'épandage avec ou sans enfouissement
 - ➔ accompagner les agriculteurs pour l'utilisation d'engrais organique (démonstration de l'intérêt technico-économique)

5.2.3 ANALYSE DES SCENARIOS DE VALORISATION DES FIENTES

Équipements & solutions	Avantages	Investissement	Coût fonctionnement	Maintenance	Main d'œuvre	Produits	Observations
Compostage lent avec ajout carbone	Assainir	€ €	€ €	✗	⌚	Engrais (5000 F/t)	A la ferme ou collectif Formulation Perte d'azote de 20 à 80% perte de P et K si mal réalisé
BIOMAX (50 t/jour)	Assainir Réduire pertes de N	€ € € 300 000 000 F	€ € € 10000 F/t compost	✗ ✗	⌚ ⌚	Engrais (12000 F/t)	Equipement collectif Formulation
Co- méthanisation	Production d'énergie Gestion des fientes	€ €	€	✗ ✗	⌚ ⌚	Biogaz (100 m3/t – 5000 F/t)	Collectif selon opportunité
Chaulage	Hygiénisation	€ 5 à 20 MF	€ € 10000 F/t MS	✗ ✗	⌚ ⌚		Danger usage chaux Apport CaO
Séchage - Tunnel (20 à 50% h20) - Tambour (20% h20) - Solaire (20% h20)	Conservation Perte réduite de N	€ à € € € 10 à 45 000 F/TMS.an	€ à € € € 5 à 20000 F/TMS	✗ ✗	⌚ ⌚	Engrais (6000 F/t)	Pas d'hygiénisation (stockage en plus) Consommation d'énergie jusqu'à 4000 kWh/t de fientes brutes Biomasse utilisable, solaire Equipement collectif ou individuel

Fientes

- Utiliser les fientes sur grande culture, maraîchage :
 - ➔ Développer l'assainissement naturel par stockage 60 jours = hangar ou stockage sous bache (intermédiaire?) - pré séchage indispensable
 - ➔ Séchage/granulation en option (forte conso d'énergie)
 - ➔ Méthanisation selon opportunités
 - ➔ Coordonner les relations producteurs/consommateurs (intermédiaire)
 - ➔ Développer un service d'épandage avec ou sans enfouissement

Accompagner les agriculteurs pour l'utilisation d'engrais organique (démonstration de l'intérêt technico-économique)

Déchets carnés

- Stopper le stockage à Gadjî
- Mettre en place un service d'équarissage
- Valoriser en engrais organiques :
 - ➔ Production de farine
 - ➔ Méthanisation en option selon opportunités