

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

CULTURES PERRENES

Perfectionnement niveau 2

BESOINS DE LA PLANTE ET GESTION DU SOL

Formateurs: Frédérique ABLAIN-BARRIERE



Le 09 Novembre 2016



Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

Programme de la matinée

I - Besoins nutritionnels des plantes

- A - Nutrition des plantes
- B - Besoins nutritionnels et stade physiologique

II - Le sol et sa fertilité

- A - Fertilité du sol/capacité nutritive
- B - Gestion de la fertilité du sol

III - Fertilisation

- A - Spécificité des cultures pérennes
- B - Méthodologie pour l'élaboration d'un plan de fumure
- C - Conséquence d'une mauvaise fertilisation

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

I - Besoins nutritionnels des plantes

A - Nutrition des plantes

Pour se développer les plantes prélevent dans le milieu qui les entoure les éléments nécessaires à la constitution de leurs tissus.

- 9 éléments majeurs ou macro-éléments dont la plante a besoin en quantité importante.
- Des éléments mineurs ou “oligo-éléments” dont la plante a besoin en plus faible quantité.

Composition moyenne du végétal en % de la matière sèche			
• ELEMENTS PLASTIQUES			
Carbone (C)	42 %	Azote (N)	2,0 %
Oxygène (O)	44 %	Phosphore (P)	0,4 %
Hydrogène (H)	6 %	Soufre (S)	0,4 %
• PRINCIPAUX OLIGO-ELEMENTS : Fer, Manganèse, Cuivre, Zinc, Bore, Molybdène			
• AUTRES ELEMENTS : Chlore, Sodium, Silicium, Cobalt.			

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

I - Besoins nutritionnels des plantes

A - Nutrition des plantes

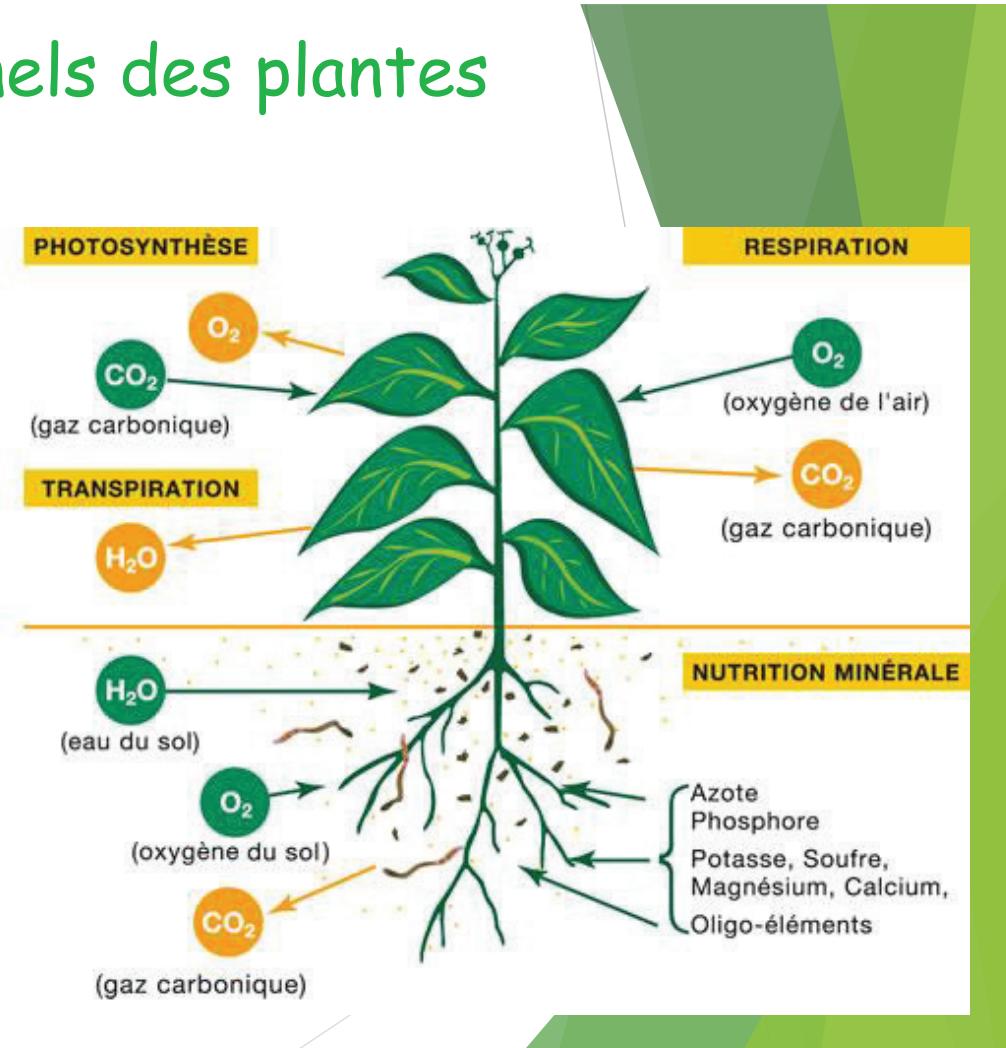
D'où viennent ces éléments :

→ De l'atmosphère :

Le carbone et l'oxygène
Une partie du soufre (SO_2)

→ Du sol :

L'hydrogène
L'azote
Les éléments minéraux (P, K, Ca, Mg, la plus grande partie du S)
Les oligo-éléments



Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

I - Besoins nutritionnels des plantes

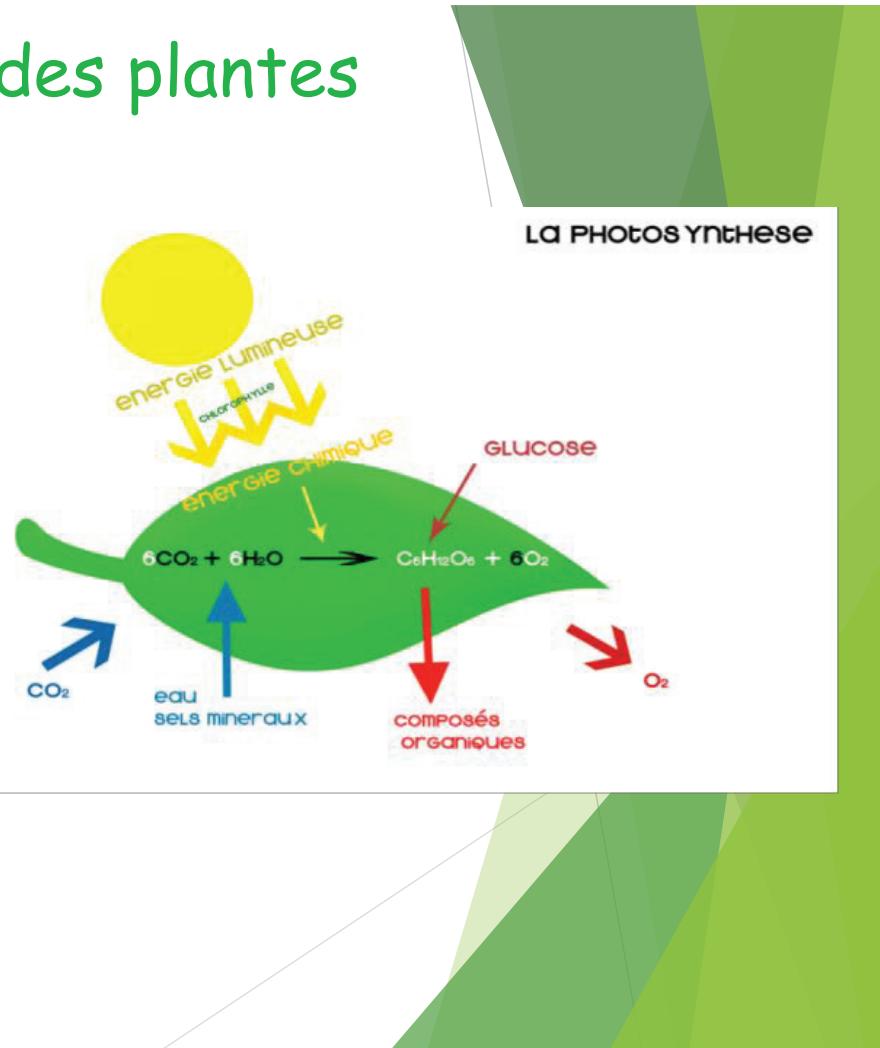
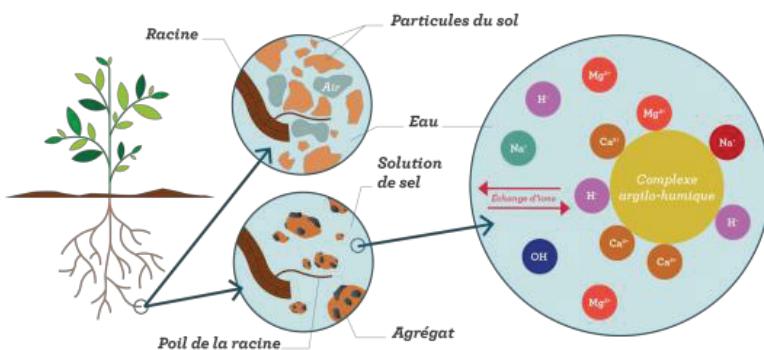
A - Nutrition des plantes

→ Le carbone et l'oxygène

- représentent à eux 2 plus de + de 88% de la MS d'un végétal
- Ils sont puisés dans l'atmosphère via le processus de la photosynthèse

→ L'eau

- Puisé via les racines



Perfectionnement 2 SM 2

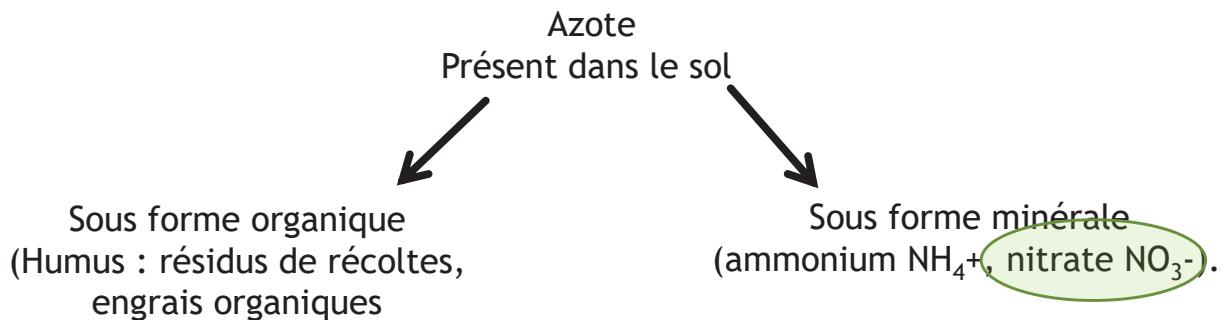
Besoins de la plante et gestion du sol

I - Besoins nutritionnels des plantes

A - Nutrition des plantes

→ L'Azote (N)

↳ composant essentiel de la matière vivante (double statut : facteur de croissance + qualité «)

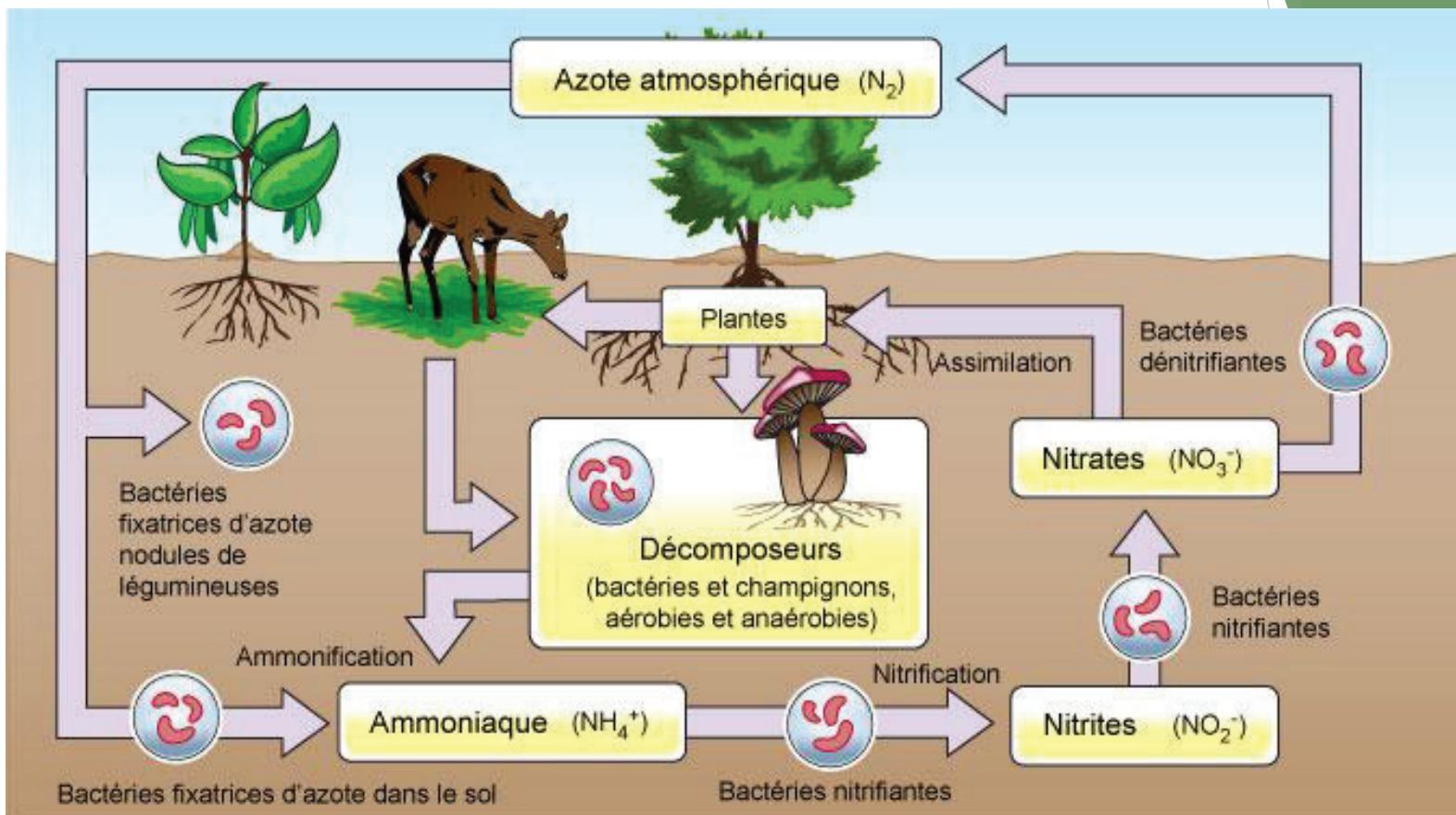


↳ L'azote sous forme d'ions nitrate, est très soluble et peu retenu par le sol = risque de pollution.

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

Cycle de l'azote



Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

I - Besoins nutritionnels des plantes

A - Nutrition des plantes

→ L'azote : les carences

↳ *Signes de carence en azote*

- Croissance de l'arbre sera très faible, voir stoppée.
- Feuilles petites sur lesquelles on peut observer des taches orangées le long de leurs nervures centrales.
- Les jeunes rameaux peuvent se dessécher.



Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

I - Besoins nutritionnels des plantes

A - Nutrition des plantes

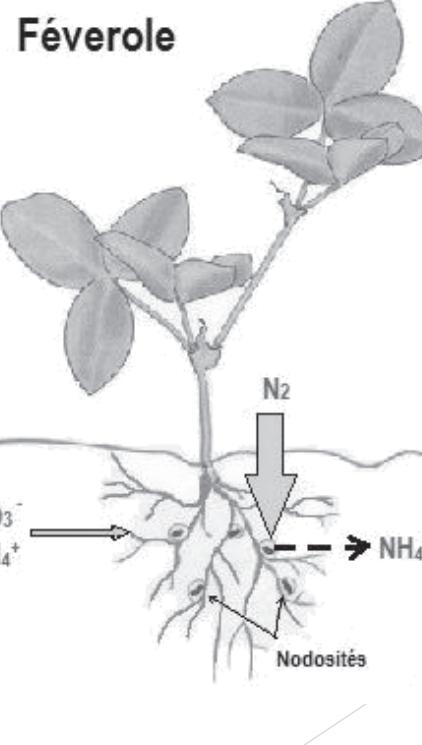
→ Cas particulier des légumineuses

Nodules présents sur les racines

↳ Fixation de l'azote atmosphérique (N_2)



Symbiose entre des bactéries fixatrices d'azote appelée rhizobiums, et certaines légumineuses.



Perfectionnement 2 SM 2

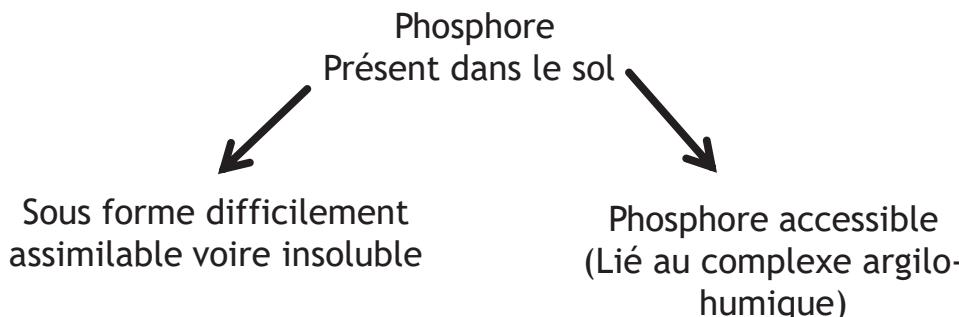
Besoins de la plante et gestion du sol

I - Besoins nutritionnels des plantes

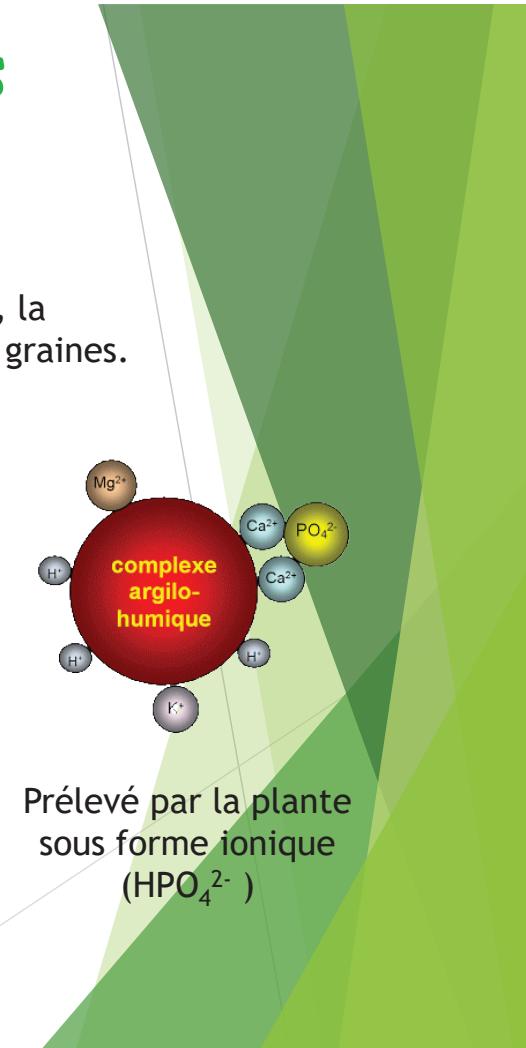
A - Nutrition des plantes

→ Le Phosphore (P)

↳ Élément indispensable à la photosynthèse et essentiel pour la floraison, la nouaison, la précocité, le grossissement des fruits et la maturation des graines.



↳ Phosphore est un élément peu mobile dans le sol. Nécessité de le placer précisément là où les racines le prélève.



Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

I - Besoins nutritionnels des plantes

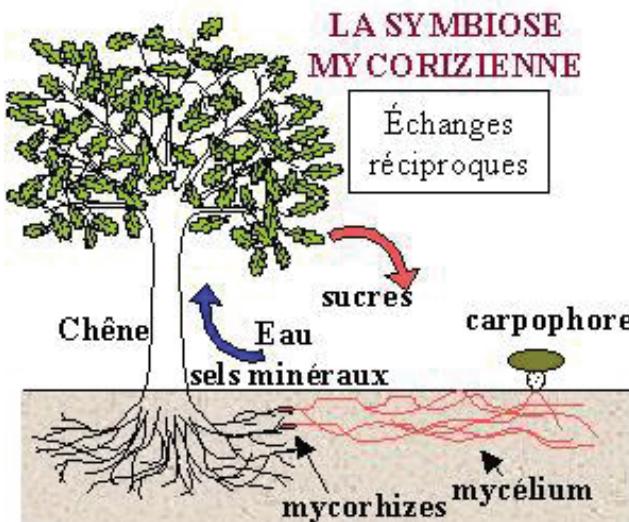
A - Nutrition des plantes

→ Les mycorhizes

Les mycorhizes → association symbiotique entre des champignons et les racines des plantes.

Dans le cas du phosphore :

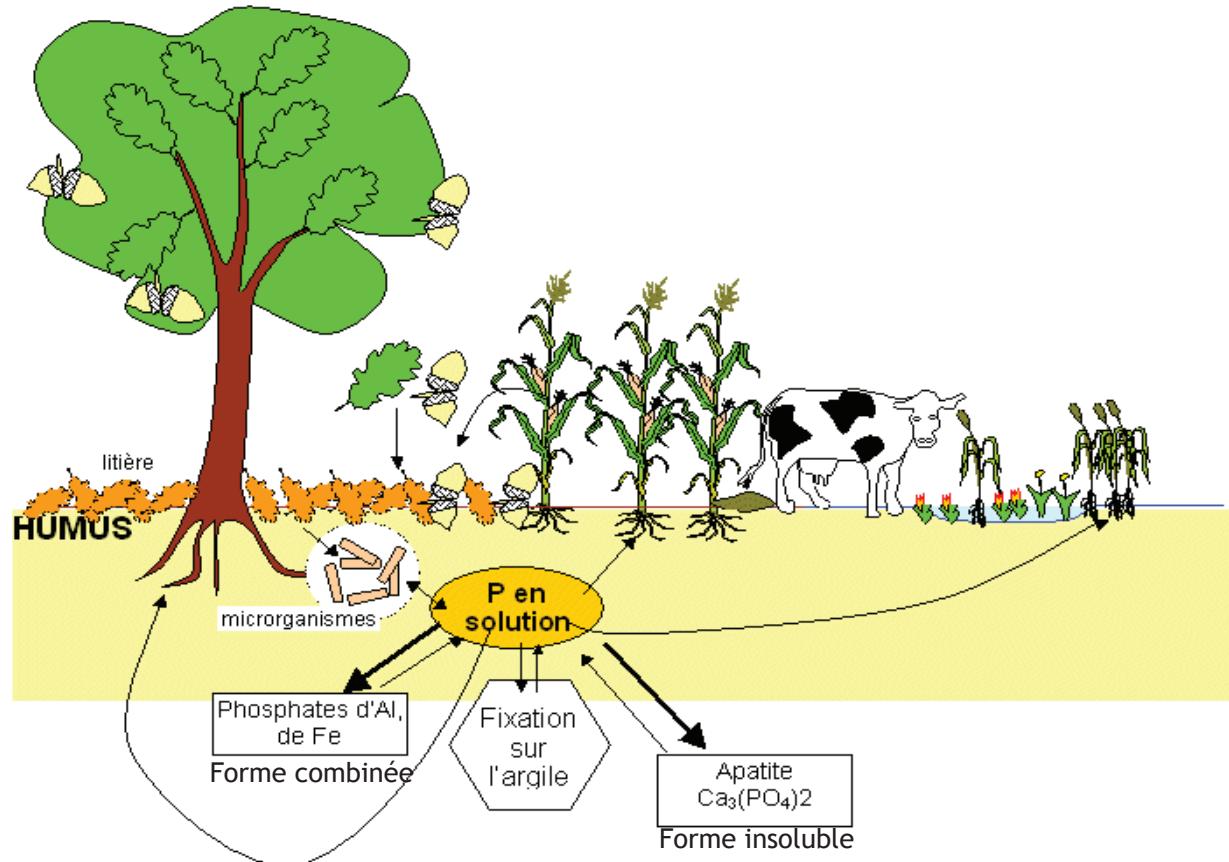
- Le champignon secrète des enzymes capables d'absorber le phosphore fixé par le sol
- En contrepartie, la plante fournit au champignon les sucres provenant de la photosynthèse



Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

Cycle du phosphore



Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

I - Besoins nutritionnels des plantes

A - Nutrition des plantes

→ Le phosphore (HPO_4^{2-}) : les carences

↳ *Signes de carence en Phosphore*

- La face inférieure des feuilles présente une nervure pourpre
- Les feuilles sont petites et ternes et les bourgeons ont tendance à se dessécher.

Symptômes des déficiences en P (Phosphore) sur les feuilles de cannabis



Perfectionnement 2 SM 2

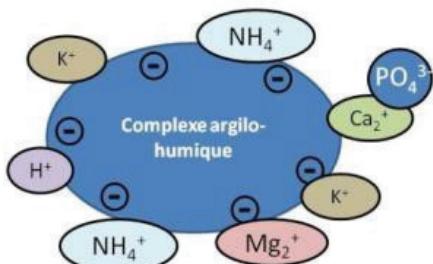
Besoins de la plante et gestion du sol

I - Besoins nutritionnels des plantes

A - Nutrition des plantes

→ Le Potassium (K)

↳ Joue un rôle important dans l'absorption des cations, empêche la plante de faner, dans la régulation de l'économie en eau de la plante



Potassium
Présent dans le sol



Sous forme minérale
(issus de la dégradation de la
MO ou des minéraux du sol)



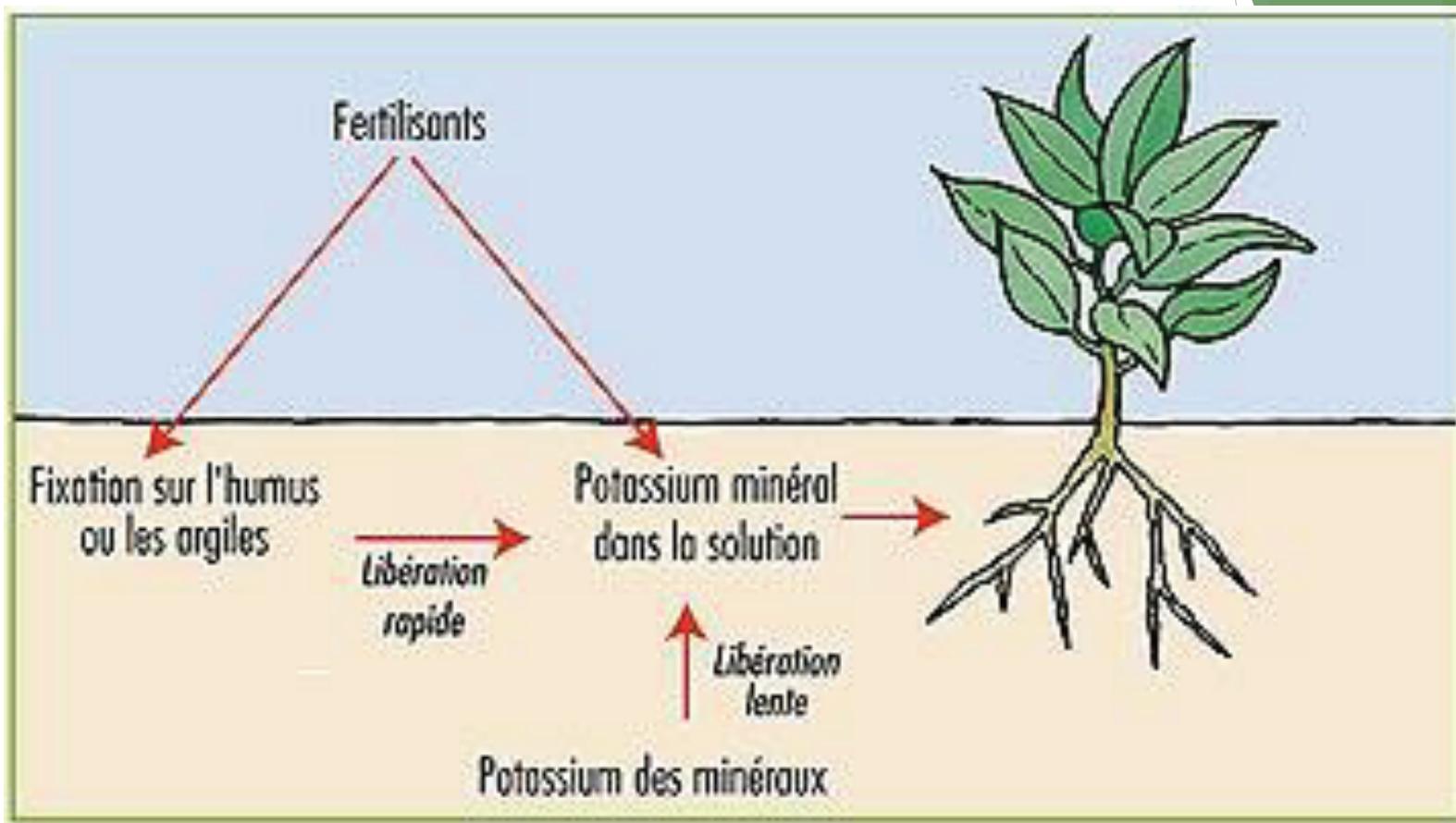
Absorbé par les
plantes sous forme
de cation K⁺

↳ Potassium parfois très présent dans le sol mais sous une forme non disponible pour les plantes car fortement lié au complexe argilo-humique

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

Cycle du potassium



Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

I - Besoins nutritionnels des plantes

A - Nutrition des plantes

→ Le Potassium (K) : les carences

↳ *Signes de carence en potasse*

- Les feuilles se recroquevillent et leurs bords sont brun foncé
- Les fruits se conservent mal.



Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

I - Besoins nutritionnels des plantes

A - Nutrition des plantes

L'absorption racinaire des éléments minéraux dépend :

- du mode d'assimilation de chaque élément (passif ou actif)
- des interactions entre les différents éléments présents dans la solution du sol

Mode d'absorption :

- passif avec le flux hydrique (K, Mg, NH₄)
- actif par transporteur membranaires (NO₃, Ca)
- actif par méristèmes lors de la multiplication cellulaire (P)

Vitesse d'absorption :

- NH₄⁺ > K⁺ > Mg⁺⁺ > Ca⁺⁺ > Na⁺
- NO₃⁻ > Cl⁻ > H₂PO₄⁻ > SO₄²⁻

Antagonismes et synergies

Antagonismes	Synergies
K / Mg, Ca, Na, B	K / NO ₃
P / Cu, Zn	
N / Cu	N / P
Mg / Fe, Zn, Mn	
Ca / Mg, oligos (effet pH)	
Fe / Mn	

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

I - Besoins nutritionnels des plantes

B - Besoins nutritionnels des plantes et stade physiologique

L'absorption des éléments minéraux par une plante se caractérise par :

1/ Ses besoins totaux → les plantes annuelles prélèvent dans le sol des quantités d'éléments nutritifs très variables selon l'élément.

Pour K → besoins > à 100 kg/ha peuvent dépasser plusieurs centaines de kilos à l'hectare

Pour le S, Mg, Ca →, De 50 à 100 kg par hectare

2/ Ses besoins instantanés → les besoins d'une plante peuvent varier selon son stade de développement.

Ex pour le phosphore (P₂O₅) :

les besoins “de pointe” peuvent atteindre, par hectare et par jour :

- 2 kg pour le blé, entre la montaison et la floraison,
- 3 kg pour le maïs, à la floraison mâle
- 3 à 4 kg pour le colza

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

I - Besoins nutritionnels des plantes

B - Besoins nutritionnels des plantes et stade physiologique

Débourrement - Première fleur



Azote, Potassium et Magnésium - activent la croissance précoce des jeunes tissus et maximisent la productivité de l'arbre.

Phosphore - maximise le développement racinaire et la formation des premières fleurs.

Calcium - accélère la croissance racinaire et végétative et augmente le rendement.

Bore * - maximise la pollinisation et un bon développement des fleurs.

Manganèse* - maximise la croissance des tissus.

Zinc* - optimise le débourrement et le développement précoce des feuilles.

Nouaison – Jeune fruit de 30 mm



Azote - en quantités réduites pour soutenir la croissance des fruits.

Potassium - minimise les désordres chez les fruits.

Phosphore * - nouaison et développement du fruit.

Calcium* - maintient la qualité des fruits et minimise les maladies physiologiques.

Magnésium - réduit la chute des fruits.

Bore * - améliore la nouaison

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

I - Besoins nutritionnels des plantes

B - Besoins nutritionnels des plantes et stade physiologique



Azote - en quantités réduites pour soutenir la croissance des fruits et une teneur en sucre élevée - les excès peuvent entraîner l'apparition de pourriture et une baisse de la qualité des fruits.

Potassium - maximise le poids des fruits et le SST dans les fruits, minimise les désordres et les échaudures solaires - mais a des niveaux n'entrant pas en compétition avec le calcium.

Calcium* - maintient la fermeté des fruits et la qualité de conservation.

Manganèse* associe au **Phosphore*** - améliorent la coloration du fruit.

Post-récolte



Azote et potassium - augmentent les réserves pour la croissance précoce de la saison suivante.

Phosphore - maximise le développement des bourgeons, l'enracinement et la croissance des nouveaux tissus au printemps suivant.

Calcium - maintient un taux élevé dans l'arbre.

Magnésium*, bore* et **zinc*** - réapprovisionne les réserves et renforce les jeunes bourgeons.

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

Programme de la matinée

I - Besoins nutritionnels des plantes

- A - Nutrition des plantes
- B - Besoins nutritionnels et stade physiologique

II - La fertilité du sol

- A - Estimer la fertilité de son sol
- B - Maintenir ou améliorer la fertilité de son sol

III - Fertilisation

- A - Spécificité des cultures pérennes
- B - Méthodologie de mise en place d'un plan de fumure
- C - Conséquence d'une fertilisation mal contrôlée

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

II - La fertilité du SOL

A - Estimer la fertilité de son sol

La FERTILITE d'un sol → la capacité naturelle et durable d'un sol à assurer la nutrition des couverts végétaux qu'il porte. (Ernst Klapp)

Pour diagnostiquer, la fertilité d'un sol :

↳ Analyses de sol

- caractéristiques physiques, chimiques et biologique des sols)

↳ Analyse du profil cultural

- Observations du sol et de son fonctionnement

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

II - La fertilité du SOL

A - Estimer la fertilité de son sol

1/ Les analyses de sol

- ↳ Prélèvements d'échantillons, envoi à un laboratoire.
Analyses de différentes caractéristiques du sol

Les caractéristiques physiques du sol ➔ texture et structure du sol

Les caractéristiques chimiques ➔ teneurs en éléments nutritifs, l'acidité du sol ou pH, la CEC.

Les caractéristiques biologiques ➔ rapport C/N, activités microbiennes,

Ex : ANALYSES DE SOL

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

II - La fertilité du SOL

A - Estimer la fertilité de son sol

Les caractéristiques physiques : l'analyse granulométrique

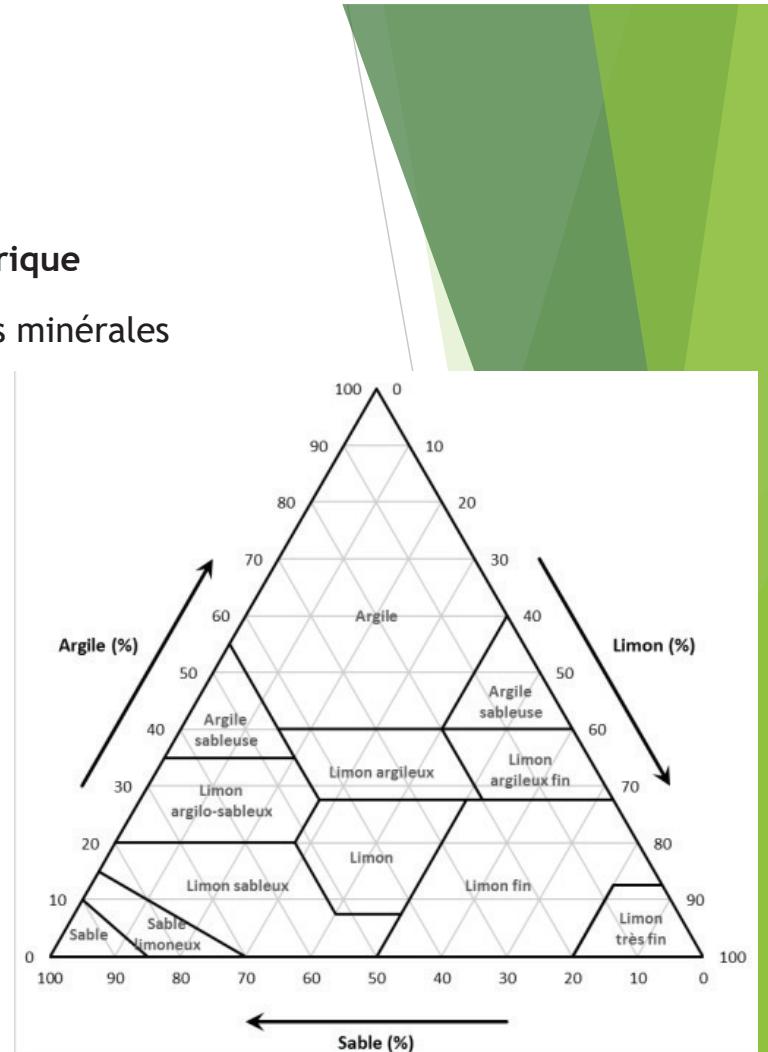
→ Déterminer la proportion des différentes particules minérales

- blocs, galets et graviers de diamètre > 2 mm
- sables : de 2 mm à 50 µm
- limons : de 50 µm à 2 µm
- argiles : < 2 µm



On définit alors la TEXTURE de son sol

→ Texture influe sur la circulation et la capacité de rétention en eau du sol.



Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

II - La fertilité du SOL

A - Estimer la fertilité de son sol

Les caractéristiques chimiques

Teneur en éléments nutritifs → Quantité et diversité des éléments nutritifs présents dans la solution du sol

L'acidité du sol → teneur en ions H⁺ dans la solution du sol

La CEC (Capacité d'Echange Cationique) → Capacité du sol à retenir ces éléments nutritifs

Ces caractéristiques chimiques nous renseigne sur :

La disponibilité des éléments nutritifs dans le sol

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

II - La fertilité du SOL

A - Estimer la fertilité de son sol

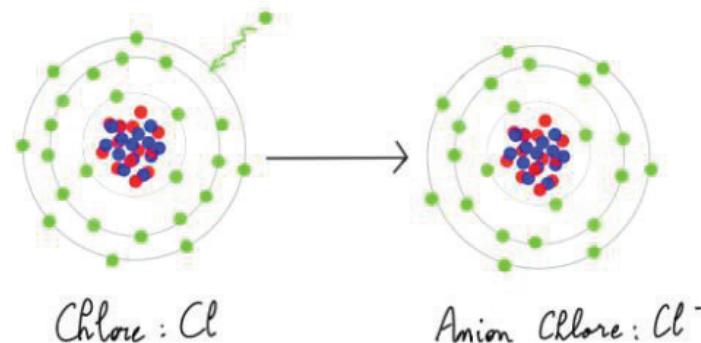
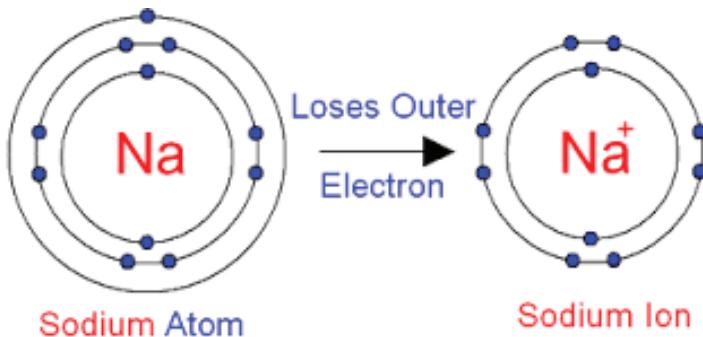
Les caractéristiques chimiques

↳ Teneur en éléments nutritifs

Dans le sol, les éléments nutritifs sont présents sous forme ionique

→ Cation chargé positivement : Ex Na^+

→ Anion chargé négativement : Ex Cl^-



Perfectionnement 2 SM 2

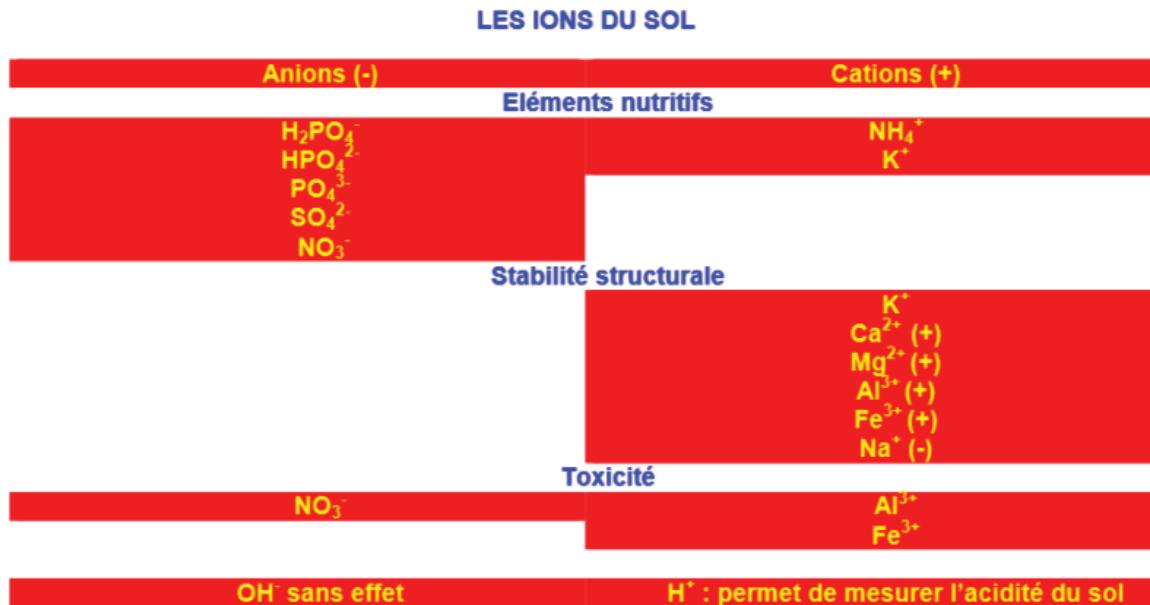
Besoins de la plante et gestion du sol

II - La fertilité du SOL

A - Estimer la fertilité de son sol

Les caractéristiques chimiques

→ Teneur en éléments nutritifs



Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

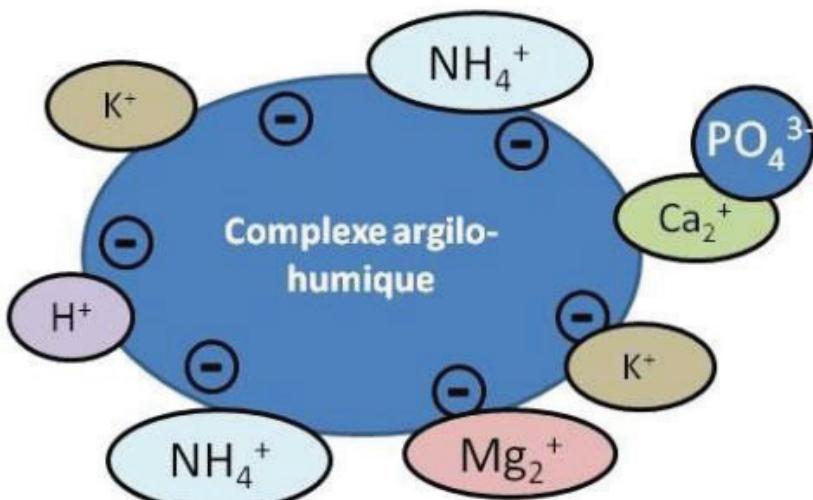
II - La fertilité du SOL

A - Estimer la fertilité de son sol

Les caractéristiques chimiques

↳ La CEC ou Capacité d'Echange Cationique

La « Capacité d'Echange Cationique » (ou CEC) mesure le nombre de sites électronégatifs sur le complexe argilo-humique.



Plus la CEC élevée, mieux les cations sont retenus dans le sol

↳ = plus d'éléments nutritifs dans le sol

↳ = meilleure stabilité du sol

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

II - La fertilité du SOL

A - Estimer la fertilité de son sol

Les caractéristiques chimiques

↳ L'acidité du sol ou pH

En fonction de la teneur en ion H⁺ dans le sol, on définit l'acidité du sol

Valeurs typiques de pH du sol										
Acidité		<=====			Neutralité		=====>			Alcalinité
		très forte	forte	modéré	faible	faible	modéré	forte	très forte	
pH 3	4	5	6	7	8	9	10	11		
sols organ.			régions humides			régions sèches				sols alkalin.

→ L'assimilation des éléments nutritifs par les plantes est meilleure pour des pH voisins de la neutralité

Ex du Phosphore

Dans les sols basiques : le phosphore s'associe au calcaire = non assimilable par les plantes

Dans les sols acides : le phosphore s'associe au fer s'associe = non assimilable par les plantes

Dans les sols neutres : le phosphore est libre et donc assimilable par les plantes!

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

II - La fertilité du SOL

A - Estimer la fertilité de son sol

Les caractéristiques biologiques

Caractérisation de la MO → Rapport C/N
% MO libre, MO liée (pas toujours réalisée)

Activité biologique → Quantification de l'activité microbienne

Ces caractéristiques biologique ont une influence sur :

La disponibilité des éléments nutritifs dans le sol

La structuration du sol

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

II - La fertilité du SOL

A - Estimer la fertilité de son sol

Les caractéristiques biologiques

→ Caractérisation de la MO

Mesure du rapport C/N

Déterminer le % de MO libres et le % de MO liée (humus sens strict)

MO totales du sol	Fonctions
MO grossières > 50 µm (sables)	
C/N élevé (12 à 30) : MO jeunes	Cohésives (court terme)
MO libres : facilement minéralisables	Nutritives (court terme)
	Énergisantes
MO fines < 50 µm (limons et argiles)	
C/N faible (<10) : MO vieilles	Cohésives (long terme)
MO liées : stabilisées	Nutritives (long terme)



Perfectionnement 2 SM 2

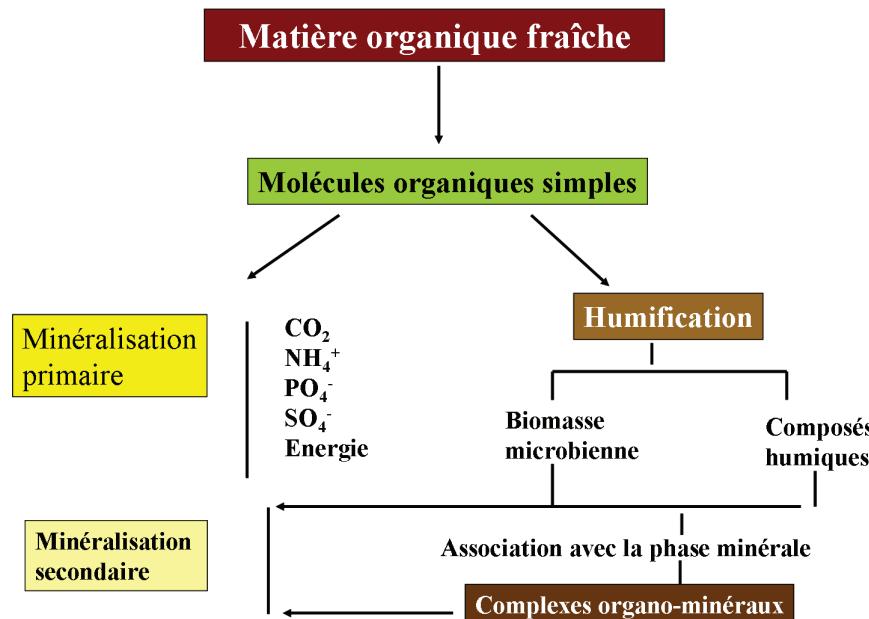
Besoins de la plante et gestion du sol

II - La fertilité du SOL

A - Estimer la fertilité de son sol

Les caractéristiques biologiques

→ Caractérisation de la MO



Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

II - La fertilité du SOL

A - Estimer la fertilité de son sol

Les caractéristiques biologiques

→ Activité biologique

L'activité des microorganismes est appréciée par leur respiration (CO₂ dégagé par l'échantillon de terre)

La quantité de la biomasse microbienne est appréciée par la détermination du carbone organique dans la matière vivante de l'échantillon.

Analyses de sol classique



Donnent des renseignements généraux utiles mais ne permettent pas toujours de comprendre le fonctionnement de son sol.

Pour analyses de sols,
contacter la DDR.

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

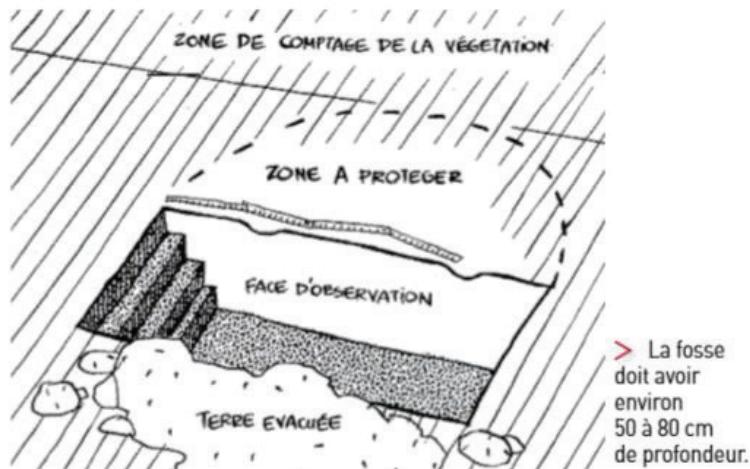
II - La fertilité du SOL

A - Estimer la fertilité de son sol

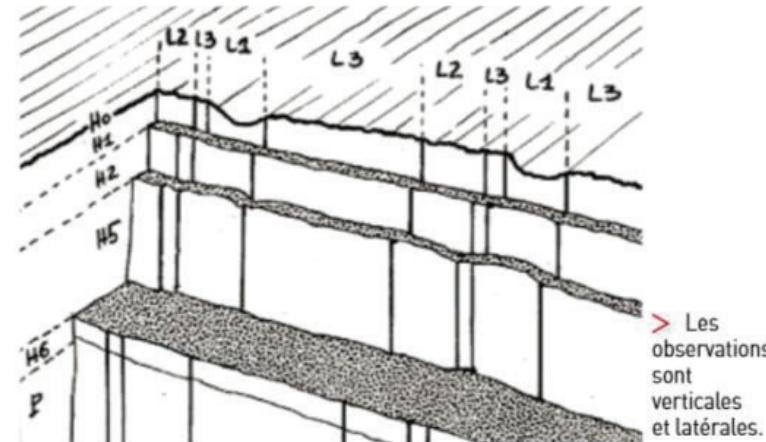
2/ L'étude du profil cultural

- méthode d'observation du sol, à la portée de l'agriculteur.
- caractérise le sol dans sa globalité

➔ Schéma d'une fosse prête à l'observation



➔ La face d'observation après les partitions verticale et latérale



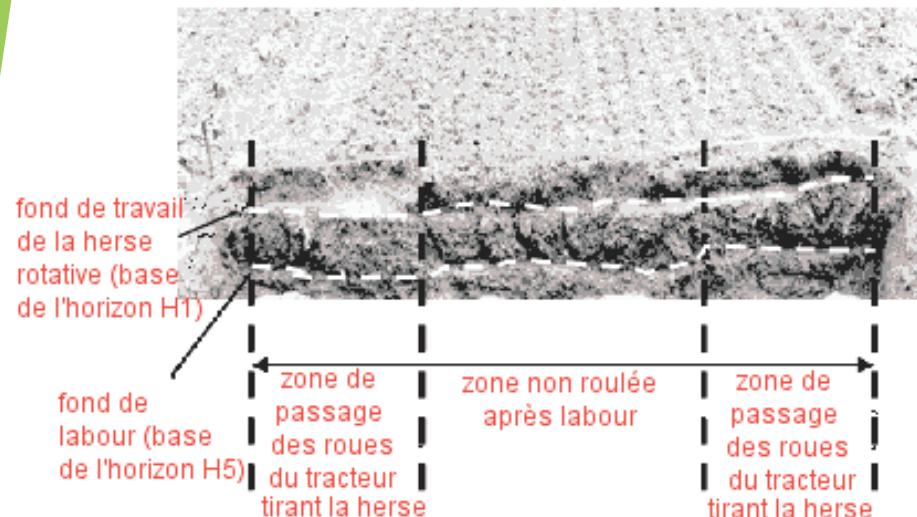
Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

II - La fertilité du SOL

A - Estimer la fertilité de son sol

2/ L'étude du profil cultural



Guide méthodologique

http://www.supagro.fr/ress-pepites/ingenierieprobleme/res/guide_manichon.pdf



Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

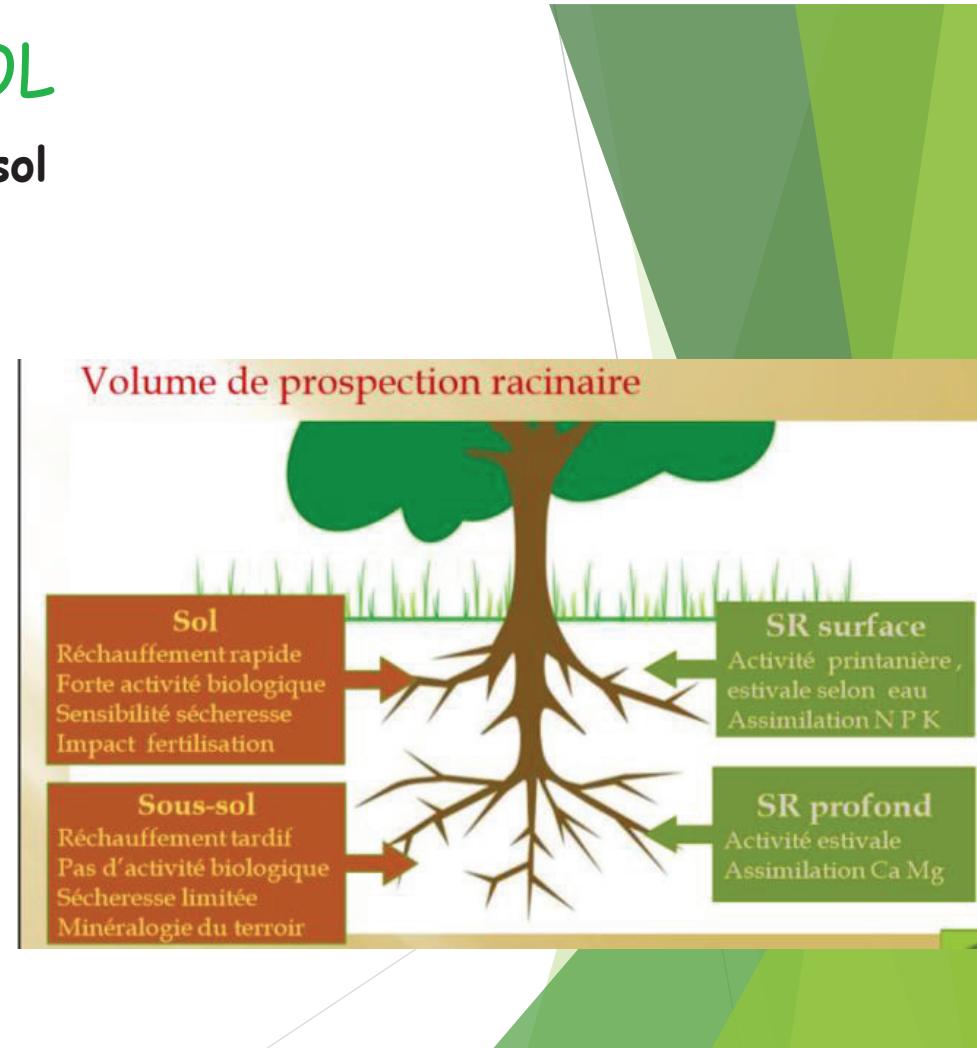
II - La fertilité du SOL

A - Estimer la fertilité de son sol

2/ L'étude du profil cultural

Le profil de sol permet d'évaluer l'importance de l'enracinement :

- étendue du développement,
- profondeur de prospection,
- densité racinaire,
- importance du chevelu,
- état physiologique des radicelles.



Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

II - La fertilité du SOL

A - Estimer la fertilité de son sol

2/ L'étude du profil cultural

Abondance de la pédofaune

En zone tempérée, pour 1 m² de sol sur une profondeur de l'ordre de 40 cm, il y a →

- | |
|--|
| Protozoaires : 1 à 100 milliards
Nématodes : 1 à 30 millions
Lambricidés : 50 à 400
Acariens : 20 000 à 400 000
Collemboles : 20 000 à 400 000
Larves d'insectes : jusqu'à 500
Diplopodes : 20 à 700
Chilopodes : 100 à 400
Isopodes : jusqu'à 1800 |
|--|



Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

II - La fertilité du SOL

A - Estimer la fertilité de son sol

2/ L'étude du profil cultural

Abondance des vers de terre

Les épigés → vers de surface

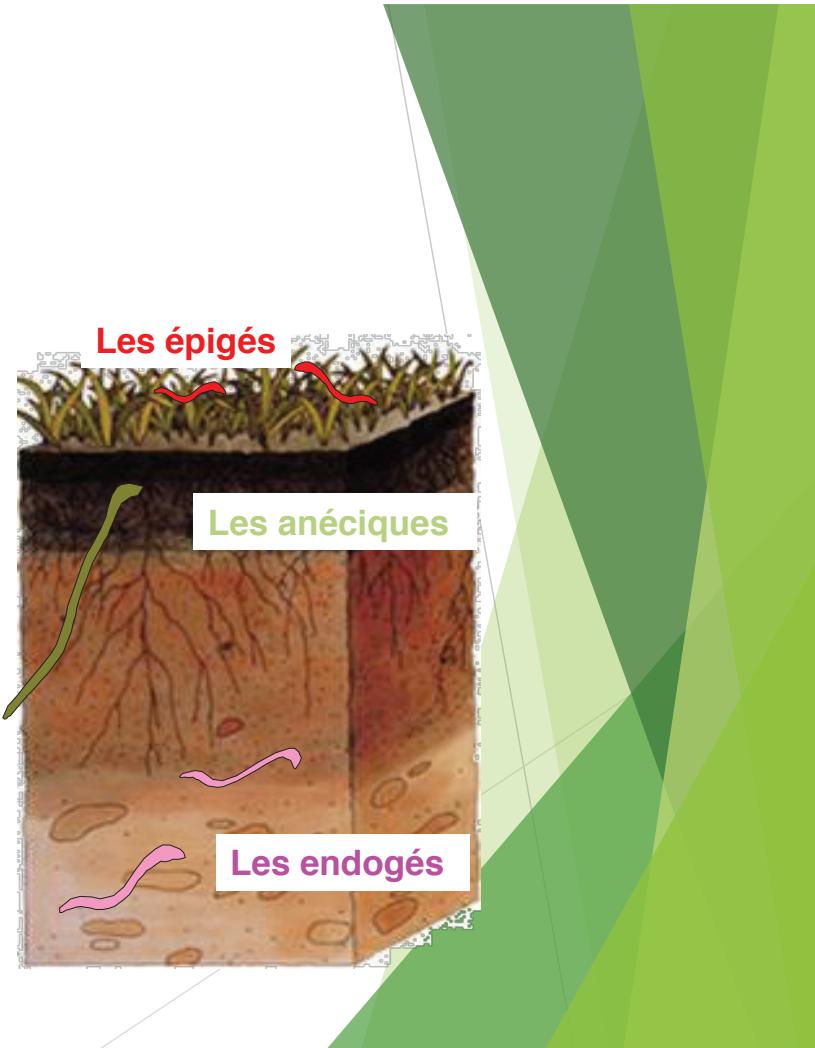
↳ Décomposeurs de MO

Les endogés → vers des profondeurs

↳ Porosité

Les anéciques → ingénieurs de l'écosystème

↳ Porosité / brassage MO et MM



Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

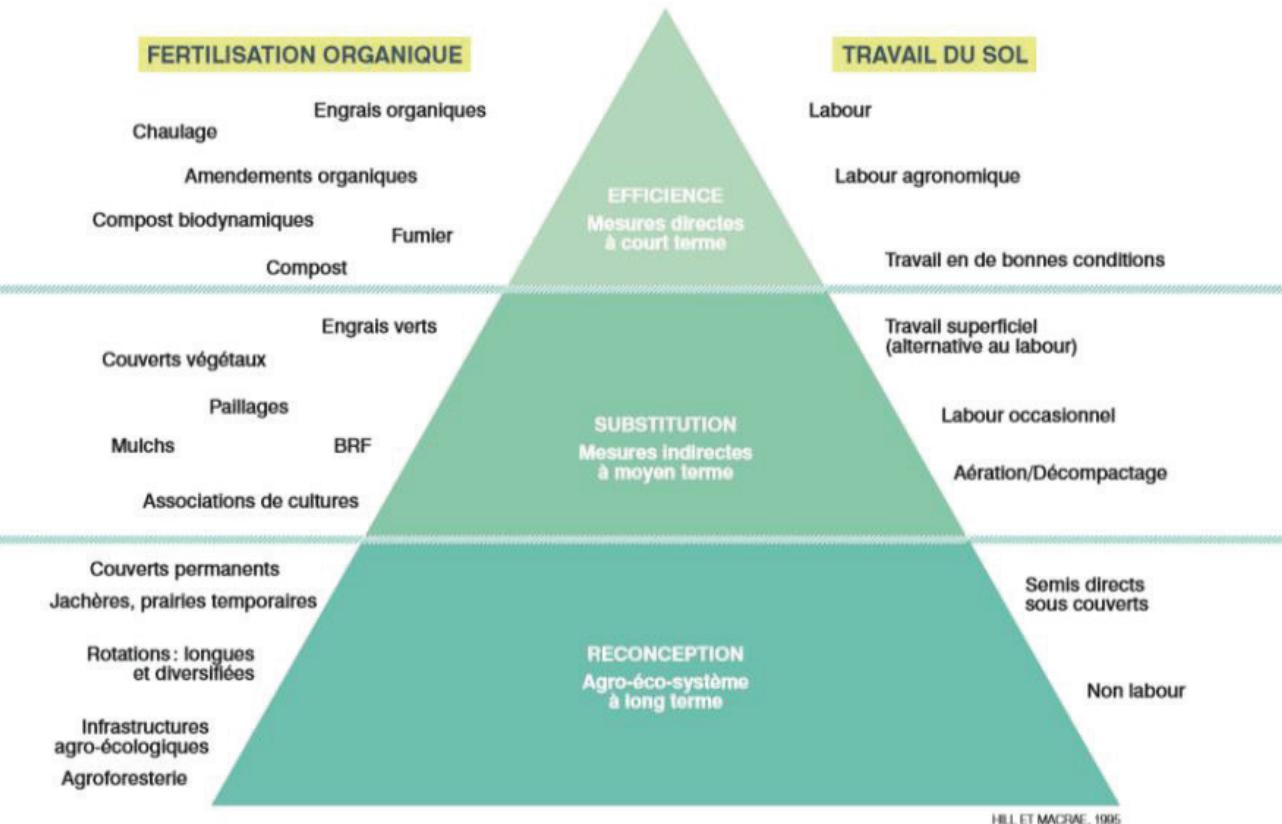
II - La fertilité du SOL

B - Maintenir et améliorer la fertilité de son sol

Diverses solutions sont envisageables pour maintenir ou améliorer la fertilité du sol

Dans le cas de l'agriculture biologique ou agro-écologie

↓
Favoriser la vie du sol
=
Amélioration fertilité



Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

II - La fertilité du SOL

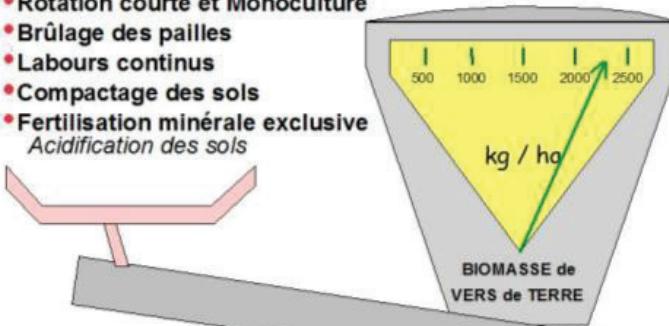
B - Maintenir et améliorer la fertilité du sol

→ Philosophie des Bourguignon : Agro-écologie

↪ Favoriser le développement de la faune du sol pour entretenir et améliorer sa fertilité

FACTEURS de DEGRADATION

- **Protection phytosanitaire**
(la majeure partie des Nématicides et Insecticides, (certains fongicides et molluscides, peu d'herbicides ...))
- **Rotation courte et Monoculture**
- **Brûlage des pailles**
- **Labours continus**
- **Compactage des sols**
- **Fertilisation minérale exclusive**
Acidification des sols



FACTEURS de RESTAURATION

- **Protection phytosanitaire raisonnée**
Utilisation raisonnée de certaines matière actives
- **Chaulage**
- **Semis direct, travail minimum**
- **Couvert végétal d'interculture**
- **Amendements organiques**
(Résidus de culture, fumier)
- **Fertilisation raisonnée**
(Fumures organo-minérales, Lisiers)

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

II - La fertilité du SOL

B - Maintenir et améliorer la fertilité du sol

B1 - La protection du sol

➔ *Les engrais verts (ou fumier vert) / association de cultures*

Rôle des engrais verts

- ↳ Protège et améliore la structure du sol
 - ➔ Couvert végétal / plantes dont le système racinaire est dense puissant (seigle, triticale, orge, radis fourrager, navet)
- ↳ Stimule l'activité biologique et augmente la disponibilité des éléments nutritifs
 - ➔ Les légumineuses mais aussi d'autres espèces possèdent des aptitudes particulières pour prélever des nutriments (crucifères, moutardes, légumineuses)
- ↳ Maîtrise des adventices et des ravageurs
 - ➔ Certaines espèces sécrètent de toxines qui inhibent la germination et le développement des adventices (E: sarrasin et seigle)



Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

Ex d'association de culture/engrais vert



Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

Qq exemples

Plante	Type de sol	Principaux avantages
Luzerne (Fabacée)	Calcaire	Améliore structure du sol
Moutarde blanche (Fabacée)	Pauvre	Plante mellifère, belles fleurs jaunes, fixe l'azote
Phacélie (Hydrophyllacée)	Indifférent	Fixe l'azote, Plante mellifère, jolies fleurs bleues
Seigle (Poacée)	Non calcaire, terre lourde	Rustique, améliore structure du sol
Trèfle incarnat (Fabacée)	Pauvre et acide	Fixe l'azote, plante mellifère, jolies fleurs rouges

Principales espèces d'engrais verts conseillées en maraîchage

Famille	Spécie	Période de semis	Dose (kg/ha)	Intérêt	Problèmes éventuels
Graminées (Poacées)	Ray-grass Italien	Septembre ou printemps	25	Très bonne couverture de sol	Risques de repousses
	Seigle fourrager	Septembre - octobre	100	Implantation tardive possible Effet structure	Concurrence moyenne avec adventices
	Avoine	Sept. - Oct. ou Mars-avril	120 150	Implantation tardive possible	Risques de maladies (rouille)
	Triticale	Sept. - Oct.	100	Implantation tardive possible	Couverture moyenne
	Moha de Hongrie*	Mai à août	30	Bonne résistance à la chaleur Bonne concurrence contre les adventices	Cycle court (30 à 40 j.)
Légumineuses (Fabacées)	Sorgho fourrager*	Mai à août	50	Biomasse importante Très bonne concurrence	Irrigation obligatoire
	Sorgho forestier*	Mars à juillet	50	Biomasse importante Très bonne concurrence	
	Vesce	Août-sept. ou Mars à mai	150	Bonne couverture	
Crucifères (Brassicacées)	Pois fourrager	Août-sept	150	Bonne couverture Biomasse importante	
	Fèverole	Août-sept ou Mars à mai	150-200	Effet structure	Peu couvrante si semée seule
	Trèfle	Printemps ou automne	20-30		Risques de repousses pour certains trèfles
	Mélilot	Mars à mai	20	Réservoir auxiliaires	
	Moutarde	Août-sept	10-12	Se développent très rapidement et étouffent les adventices	Sensibles à de nombreuses maladies et ravageurs : à éviter absolument si Crucifères dans la rotation
Hydrophyllacées	Colza	Août-sept	6-8		Cycles courts au printemps
	Navette fourragère	Août-sept ou Mars à mai	10-15	Très bon piège à nitrates	Gélives
Polygonacées	Radis fourrager*	Juin à sept	20		
	Phacélie	Printemps ou août	15	Effet structure	Supporte mal la chaleur et le froid
Polygonacées	Sarrasin*	Mars à juin	40-60	Plante nettoyante, adaptée aux sols pauvres Effet structure	Risque Virus (CMV) Cycle court

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

II - La fertilité du SOL

B - Maintenir et améliorer la fertilité du sol

B2 - L'entretien organique

→ *Les fumiers*

↳ Produits organiques frais composés d'un mélange de déjections animales et de litière végétale (paille).



Source d'azote, de phosphore et de potassium facilement minéralisables.



Effet à court terme
(type engrais)

Espèces	6.1. Teneurs en éléments fertilisants des effluents d'élevage en unités/t ou m ³		
	Azote (N)	Phosphore (P ₂ O ₅)	Potasse (K ₂ O)
Lisier de bovin	4	2	5
Fumier bovin	5,5	2,6	7,2
Fumier bovin très compact (litière accumulée)*	6	2,3	9,5
Fumier bovin compact (étable entravée, pentes paillées, logettes paillées)*	5	2,2	8
Fumier bovin mou (pentes paillées et logettes paillées avec peu de paille)*	4,5	2	6
Lisier de veaux	2,86	1,36	2,72
Lisier de porc	5	4	5
Fumier de porc	4,1	3,2	3,4
Lisier poules pondeuses	6,8	9,5	5,5
Fientes sèches poules pondeuses	20	35	20
Fumier volailles de chair	29	29	20
Lisier de Canard	6,3	5,4	5
Fumier canard	5	8	4
Lisier de lapin	9	13,4	7,4
Lisier d'ovins	7,7	4,6	12,3

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

II - La fertilité du SOL

B - Maintenir et améliorer la fertilité du sol

B2 - L'entretien organique

→ *L'apport de compost*

↳ Substance fertilisante réalisée à base de déchets d'origine végétale ou animale.



Source d'azote sous forme organique, qui se minéralise lentement.



Effet à moyen et long terme
(entretien du sol/ humification)



Perfectionnement 2 SM 2

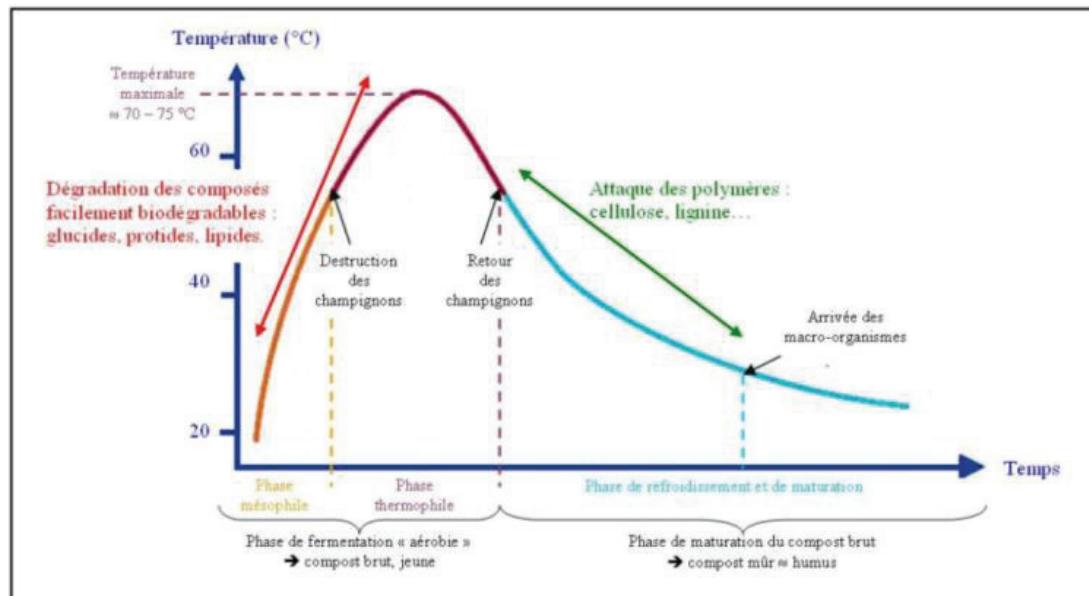
Besoins de la plante et gestion du sol

II - La fertilité du SOL

B - Maintenir et améliorer la fertilité du sol

B2 - L'entretien organique

→ *Le compost : les 4 phases du processus de compostage*



1 - Phase initiale ou mésophile : Matière premières envahie par les micro-organismes. Leur activité engendre une montée en T°

2 - Phase thermophile : Ne concerne que le centre du tas de compost. Permet la destruction des bactéries pathogènes

3 - Phase de refroidissement

4 - Phase de maturation : colonisation par la macro-faunes (les vers de terre)

Les secrets d'un bon compostage

- Aération → retourne
- Humidité → test

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

II - La fertilité du SOL

B - Maintenir et améliorer la fertilité du sol

B2 - L'entretien organique

→ *Le compost : composition moyenne*

Composition des composts de fumiers, en g/kg de produit brut

	M.S.	M.O.	N total	P2O5	K2O
Bovins ¹	330	210	8	5	14
Ovins	360	260	11,5	7	23
Porcins ²	317	-	7,6	10,2	14,7
Porcins ³	327	-	11	18,3	20,8
Volailles ⁴	780	577	24,9	28	25
Déchets verts	590	270	8	4	8

(1) Moyenne de 18 composts à 2 mois, 2 aérations à J8 et J15

(2) De litières accumulées

(3) De litières raclées

(4) Fumier de poulets composté 6 mois

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

II - La fertilité du SOL

B - Maintenir et améliorer la fertilité du sol

B2 - L'entretien organique

→ *Le compost : comparaison compost / fumier*

Teneurs moyennes en éléments fertilisants des composts de déchets verts et fumier bovin en tas

		Matière sèche	Matière organique	N total	N disponible	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Ca
Compost de déchets verts	kg/m ³	250	105	3.5	0.2 - 0.35	1.5	2.5	1.5	12.5
	kg/t MF	500	210	7	0.4 - 0.7	3	5	3	25
Fumier bovin	kg/t MF	190	150	4.9	1.0 - 2.0	3.2	6.6	0.8	3.7

MF: Matière fraîche

Sources: DBF 2009 et Directives 2010 de la branche sur la qualité du compost et du digestat

Densités du compost: humide: 500 à 800 kg/m³; sec: 250 à 400 kg/m³.

Disponibilité de l'azote du compost	année d'épandage	environ 5 % de l'azote total
	à moyen terme	5 à 10 % de l'azote total, disponible

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

Programme de la matinée

I - Besoins nutritionnels des plantes

- A - Nutrition des plantes
- B - Besoins nutritionnels et stade physiologique

II - Le sol et sa fertilité

- A - Fertilité du sol/capacité nutritive
- B - Gestion de la fertilité du sol

III - Fertilisation

- A - Spécificité des cultures pérennes
- B - Méthodologie de mise en place d'un plan de fumure
- C - Conséquence d'une fertilisation mal contrôlée

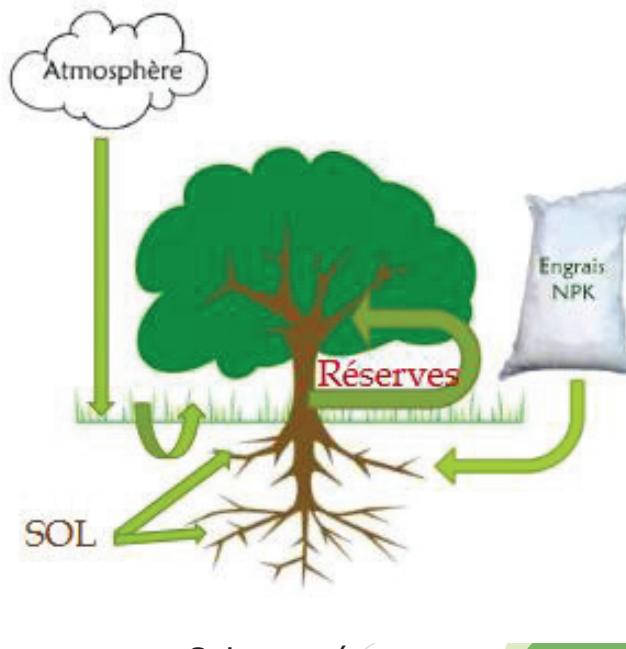
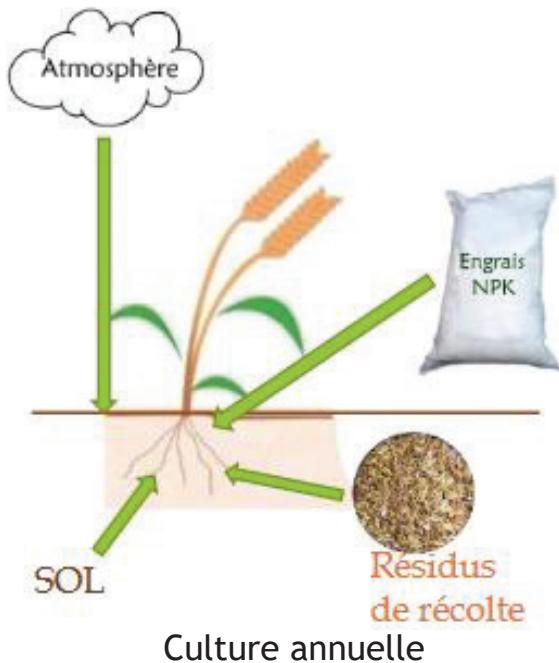
Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

III - Fertilisation

A - Spécificité des cultures pérennes

Origine des éléments nutritifs



Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

III - Fertilisation

A - Spécificité des cultures pérennes

Deux logiques différentes de fertilisation

- ↳ Dans le cas d'une culture annuelle, le calcul de la fumure est un bilan comptable des éléments minéraux qui entrent ou sortent de la parcelle



- ↳ Dans le cas des arbres fruitiers, l'intégration dans ce bilan des réserves de l'arbre est plus difficile et on s'emploie plutôt à maintenir l'équilibre nutritionnel des arbres.

III - Fertilisation

B - Méthodologie pour l'élaboration d'un plan de fumure

Etape 1 → Réaliser une analyse de sol (analyses classique + profil cultural)

↳ L'analyse de sol permet de caractériser le sol et de connaître sa richesse en éléments nutritifs.

Etape 2 → Réaliser une analyse foliaire

↳ L'analyse foliaire sert à contrôler l'état d'approvisionnement des plantes durant la saison.

Pour interpréter les résultats des analyses foliaires, on utilise des valeurs de référence.

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

III - Fertilisation

B - Méthodologie pour l'élaboration d'un plan de fumure

Etape 1 → Réaliser une analyse de sol (analyses classique + profil cultural)

↳ L'analyse de sol permet de caractériser le sol et de connaître sa richesse en éléments nutritifs.

Etape 2 → Réaliser une analyse foliaire

↳ L'analyse foliaire sert à contrôler l'état d'approvisionnement des plantes durant la saison.

Les teneurs foliaires ne devant pas être un facteur limitant de la production, elles doivent être proches de la valeur standard de référence. Selon les résultats obtenus par l'analyse, on ajustera la fertilisation

Pour interpréter les résultats des analyses foliaires, on utilise des valeurs de référence.

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

Normes d'interprétation des teneurs foliaires en N, P et K des différentes variétés.

Variété	Élément	Teneur foliaire en %						
		Très faible	Faible	Moyennement faible	Moyenne	Moyennement élevée	Elevée	Très élevée
Clémentine	N	< 1,00	1 – 1,6	1,6 – 2,15	2,15 – 2,55	2,55 – 3,15	3,15 – 3,60	> 3,60
	P	< 0,04	0,04 – 0,07	0,07 – 0,10	0,10 – 0,12	0,12 – 0,15	0,15 – 0,18	> 0,18
	K	< 0,40	0,4 – 0,65	0,65 – 0,90	0,90 – 1,30	1,3 – 1,7	1,70 – 2,00	> 2,00
Navel	N	< 1,00	1 – 1,5	1,50 – 2,10	2,10 – 2,50	2,5 – 3,00	3,00 – 3,55	> 3,55
	P	< 0,04	0,04 – 0,06	0,06 – 0,09	0,09 – 0,11	0,11 – 0,14	0,14 – 0,16	> 0,16
	K	< 0,25	0,25 – 0,45	0,45 – 0,60	0,60 – 0,85	0,85 – 1,10	1,10 – 1,30	> 1,30
W. Sanguine	N	< 1,00	0,10 – 1,50	1,50 – 2,10	2,10 – 2,40	2,40 – 3,00	3,00 – 3,50	> 3,50
	P	< 0,04	0,04 – 0,06	0,06 – 0,09	0,09 – 0,11	0,11 – 0,14	0,14 – 0,16	> 0,16
	K	< 0,25	0,25 – 0,40	0,40 – 0,55	0,55 – 0,75	0,75 – 1,07	1,07 – 1,20	> 1,20
Maroc late	N	< 1,00	1,00 – 1,50	1,50 – 2,00	2,00 – 2,35	2,35 – 2,90	2,90 – 3,40	> 3,40
	P	< 0,04	0,04 – 0,06	0,06 – 0,09	0,09 – 0,11	0,11 – 0,14	0,14 – 0,16	> 0,16
	K	< 0,17	0,17 – 0,30	0,30 – 0,45	0,45 – 0,65	0,65 – 0,85	0,85 – 1,00	> 1,00



III - Fertilisation

B - Méthodologie pour l'élaboration d'un plan de fumure

Etape 1 → Réaliser une analyse de sol (analyses classique + profil cultural)

↳ L'analyse de sol permet de caractériser le sol et de connaître sa richesse en éléments nutritifs.

Etape 2 → Réaliser une analyse foliaire

↳ L'analyse foliaire sert à contrôler l'état d'approvisionnement des plantes durant la saison.

Etape 3 → Déterminer les besoins en éléments fertilisants

↳ Le mode de calcul varie selon l'âge des plantations (jeunes plantations ou plantations adultes) et les éléments nutritifs à apporter.

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

III - Fertilisation

B - Méthodologie pour l'élaboration d'un plan de fumure

On connaît globalement les besoins nutritionnels des différents arbres fruitiers

Espèces fruitières	Besoin annuel (kg/ha)
Pommier	100-150
Pêcher	102-130
Poirier	75-175
Prunier	140
Abricotier	130-370*
Cerisier	55-140
Kiwi	80-210

Ces valeurs doivent être ajustées aux exportations du verger constituées par la quantité de l'élément perdu par accumulation dans les fruits ou le bois de taille

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

III - Fertilisation

B - Méthodologie pour l'élaboration d'un plan de fumure

La détermination des besoins en fertilisants doit tenir compte des paramètres suivants :

➤ Des exportations par les fruits et le bois de taille (s'il n'est pas broyé et laissé au sol)

↳ Quantité d'élément consommé par la plante pour produire les fruits

Exportations (Unités/Ha) = tonnage potentiel x nombre d'unités/tonne
fruits + Exportations par le bois de taille

Espèce	ORGANE	% Mat. Sèche récolte (2)	Unité de teneur (2) (4)	Teneur en N
Vigne	bois de taille	50	kg / t	3.3
	rafle		kg / ha	1.5
	baies	20	kg / t	1.3

- (1) : teneur de référence en MS pour l'organe considéré (conventionnelle ou habituelle à la récolte); cas particulier sucrière pour tenir compte de l'unité conventionnelle de mesure des rendements;
- (2) : quantité de N par unité de masse de matière végétale à la teneur en MS de référence; t = tonne métrique,
- (3) : plage de rendement pour lesquels les valeurs d'exportations sont valables
- (4) : quantité de N exporté par unité de surface, kg/ha

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

III - Fertilisation

B - Méthodologie pour l'élaboration d'un plan de fumure

Ce calcul des exportations doit être « corrigé » car certains éléments comme l'azote par exemple sont susceptibles d'être lessivé ou minéralisé.

- Pertes d'éléments par minéralisation
 - ↳ Les quantités d'azote libérées, par l'activité des micro-organismes dans le sol varient de 10 à 50 Unités de N / Ha
- Des pertes par lessivage
 - ↳ Pour compenser les risques de lessivage, des majorations varient entre 5 et 20 % de la quantité apportée sont recommandées

Richesse	Texture du sol		
	Sol sableux	Sol limoneux	Sol argileux
Sol riche	0	0	0
Sol bien pourvu	25	15	10
Sol un peu pauvre	45	45	50
Sol pauvre	70	75	85
Sol très pauvre	90	105	120

Fertilisation de correction à ajouter aux exportations selon le type de sol ((en kg de K2O/ha))

III -Fertilisation

B - Méthodologie pour l'élaboration d'un plan de fumure

→ Démarche - Etape du raisonnement

Problème :



Résultat

On multiplie la quantité d'azote nécessaire par la quantité produite



Ce montant doit être « ajusté » selon différents paramètres (minéralisation, lessivage) défini en fonction de l'élément pris en compte

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

III - Fertilisation

B - Méthodologie pour l'élaboration d'un plan de fumure

- Complexité de la fertilisation des arbres fruitiers (car nombreux facteurs à intégrer)

Facteurs quantifiables

- Besoins des arbres
- Réserves du sol
- Caractéristiques des engrains
- Impact des modes d'apport

Facteurs plus difficilement quantifiables

- Disponibilité réelle des éléments du sol
- Réserves des arbres
- Capacité d'absorption racinaire
- Concurrence de l'enherbement
- Incidence climatique

Pour faciliter la démarche



Nombreux outils et
ressources accessibles

Cahier fertilisation

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

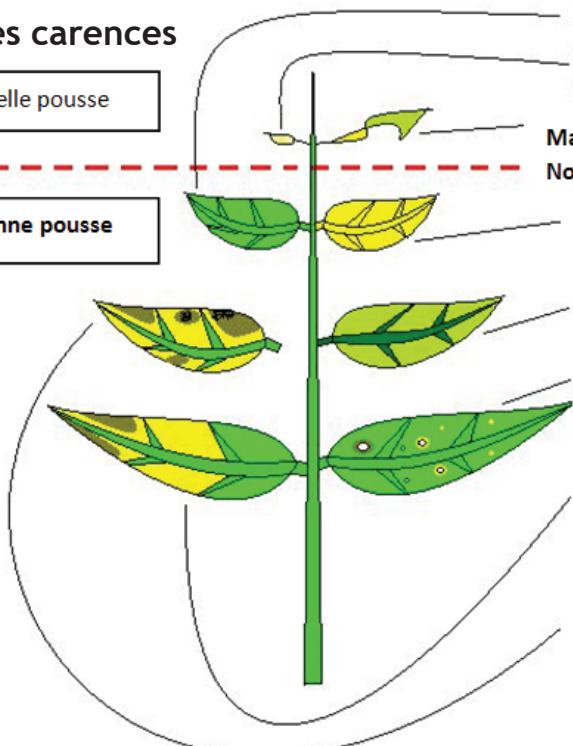
III -Fertilisation

C - Conséquence d'une mauvaise fertilisation

↳ Les carences

Nouvelle pousse

Ancienne pousse



Feuille normale

Carence sévère en nitrates

Feuilles petites, jaunes/blanches

Manque de calcium (éventuellement excédent de K, Mg)

Nouvelles feuilles pâles, torsadées/vrillées/recroquevillées

Carence en Fer (jaunissement de la plante)

Carence en Magnésium (nervures sombres, feuille plus claire)

Carence en Potassium (trous de punaises dans les feuilles s'agrandissant avec une frontière jaune, le reste de la feuille est normale)

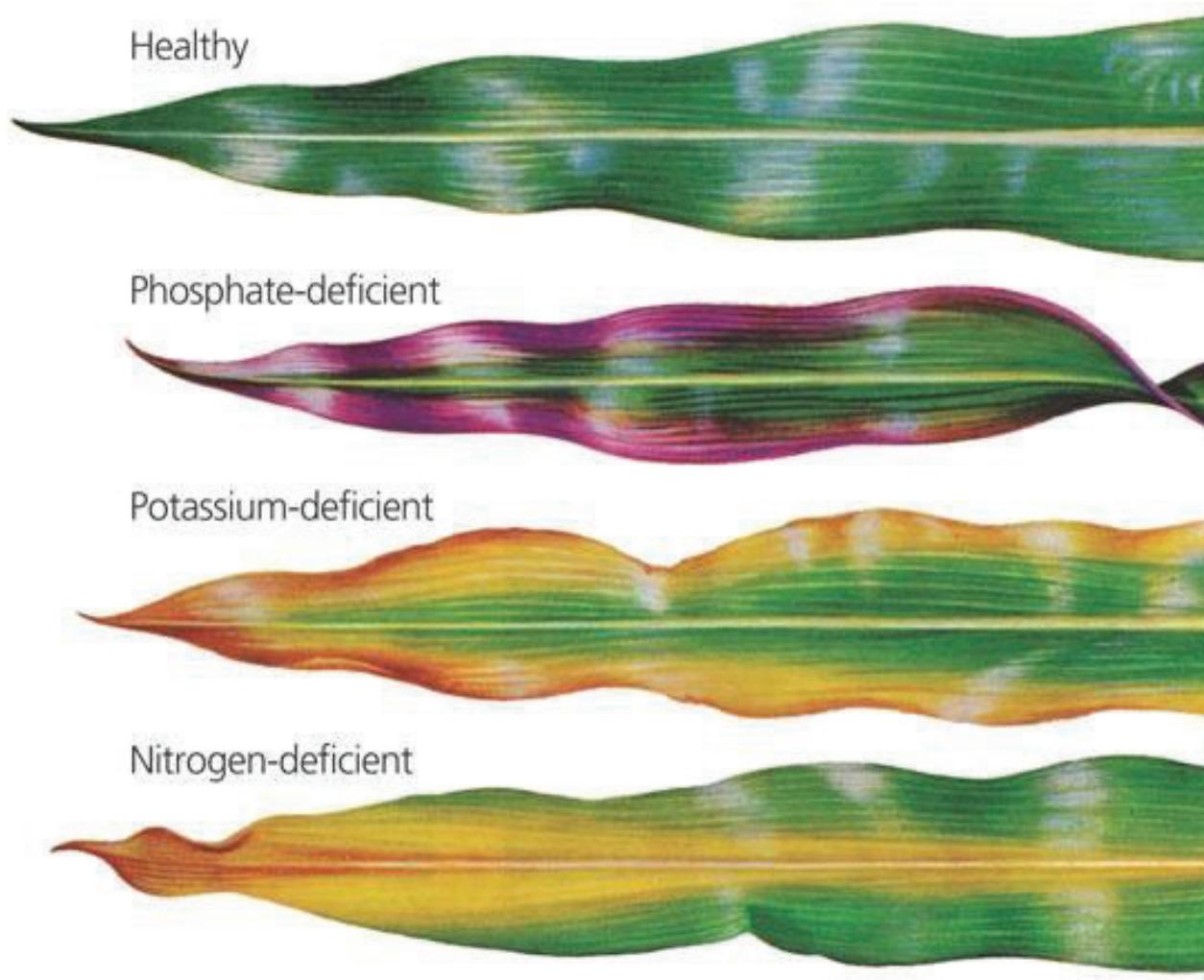
Signes précoce d'une déficience en azote (les feuilles âgées sont jaunes et réabsorbées de la pointe au pétiole)

Carence en Phosphates (feuilles plus âgées

jaunes, des parties de la feuilles sont réabsorbées, causant des zones mortes, les feuilles tombent rapidement, peut être confondue avec les signes précoce d'une carence en nitrate)

Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol



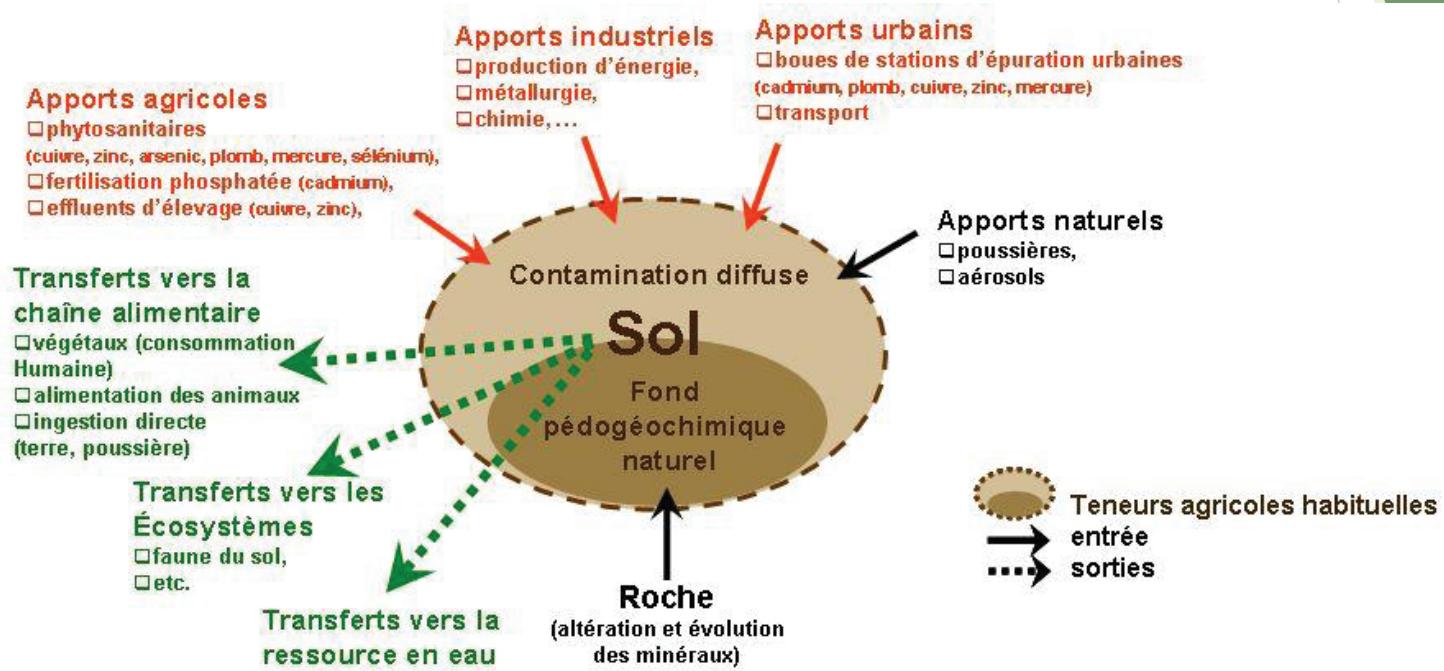
Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

III -Fertilisation

C - Conséquence d'une mauvaise fertilisation

Les pollutions



Perfectionnement 2 SM 2

Besoins de la plante et gestion du sol

Merci de votre attention