

# AGRICULTURE

## F8 • DES ALTERNATIVES AUX ENGRAIS DE SYNTHÈSE 1 / 3



Pour se nourrir, les plantes ont besoin d'éléments nutritifs dont la présence est indispensable afin d'assurer des récoltes en qualité et en quantité. La fertilisation est un moyen d'apporter ces éléments nutritifs aux plantes.

Les 3 éléments nutritifs principaux sont l'azote, l'acide phosphorique et la potasse (qui sont généralement désignés par leur symbole chimique : N, P, K). Présents en quantités bien plus faibles, les oligo-éléments\* sont aussi des éléments nutritifs indispensables.

Par exemple, les carences en bore sur les pommes ou les betteraves induisent des pourritures du cœur de la betterave et les carences en fer provoquent des chloroses.

En principe, ces éléments sont présents dans le sol :

- l'azote provient de la dégradation de l'humus\* et de la minéralisation de la matière organique\*, c'est la forme nitrique ou nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) qui est assimilable par les plantes ;
- l'acide phosphorique et la potasse sont présents naturellement dans le sol en faibles quantités.

Pour maintenir la fertilité du sol\*, on a pensé dans un premier temps pouvoir compenser les exportations des éléments fertilisants lors des récoltes. Cette compensation s'est faite par l'utilisation d'engrais, c'est-à-dire des apports en N, P, K et en oligo-éléments.

### LES DIFFÉRENTS TYPES D'ENGRAIS

#### Définition

Les engrais sont des matières fertilisantes organiques et minérales incorporées au sol pour en accroître ou en maintenir la fertilité. Ils apportent notamment aux végétaux les éléments qui leur sont directement utiles.

Les engrais peuvent être organiques (déchets végétaux, déjections animales) ou synthétiques (issus de l'industrie chimique et de l'extraction minière pour les phosphates et la potasse).

#### Engrais organiques et engrais de synthèse

On distingue deux types d'engrais, les engrais organiques et les engrais de synthèse.

##### • Les engrais organiques

Les engrais organiques proviennent de la transformation de déchets végétaux et animaux. Ils peuvent être élaborés à partir de fumier, de lisier, de produits animaux (guanoses\*, plumes et poils, sang desséché, corne), de produits végétaux tels que les mélasses\* ou récupérés par l'intermédiaire d'un compostage de végétaux.

Utiliser des engrais organiques rentre dans une démarche de retour au sol de la matière organique et de logique globale d'exploitation dans le cas où ces engrais sont produits sur l'exploitation ou sur des exploitations voisines (on parle alors plutôt d'« engrais de ferme »). A cause de la spécialisation de certaines exploitations en productions végétales (avec disparition totale de toute production animale), nombre d'exploitations n'utilisent plus d'engrais de ferme. Elles n'utilisent pas non plus d'engrais organiques mais uniquement des « engrais de synthèse » dont le coût est inférieur mais qui ne sont pas exempts de conséquences sur l'environnement.

##### • Les engrais de synthèse

Les engrais de synthèse (appelés aussi engrais chimiques) sont répartis en trois familles principales : les engrais azotés, potassiques et phosphatés. Les engrais azotés sont obtenus par synthèse de l'ammoniac à partir de l'air et du gaz naturel. Les engrais potassiques et les engrais phosphatés, issus de gisements de roche naturelle, sont transformés chimiquement par l'industrie par extraction par solvant.



Crédits : Pedro Santos

## LES IMPACTS DES ENGRAIS SUR L'EAU ET LE SOL

Il est important de connaître les conséquences, à plus ou moins long terme, de l'usage de certains engrais et de prendre connaissance des alternatives possibles. En préambule, il faut savoir que l'excès d'engrais fragilise la plante qui devient alors plus vulnérable aux insectes et aux champignons, cela pouvant entraîner une plus forte utilisation de pesticides.

**Il existe différents types d'engrais azotés minéraux, pouvant s'ajouter à l'azote organique existant naturellement dans le sol :**

**L'azote uréique** : cette forme d'engrais solide très concentré en azote n'est pas retenu par le sol ; l'azote uréique se transforme et se volatilise facilement.

**L'azote ammoniacal ou ammonium ( $NH_4^+$ )** : il se fixe dans le sol, ce qui limite le risque d'entraînement en profondeur mais aussi la disponibilité instantanée pour les plantes. L'activité microbienne des sols consomme de l'ammonium et le transforme en azote nitrique.

**L'azote nitrique ou nitrate ( $NO_3^-$ )** : il s'agit principalement du nitrate d'ammonium, obtenu par réaction entre ammoniac et acide nitrique. Dans le sol, il se forme naturellement par combinaison de l'azote (N) et de l'oxygène (O) du sol. C'est la forme la plus disponible directement pour les plantes.

### Les engrais qui ne sont pas fixés par le sol se retrouvent dans l'eau (essentiellement l'azote sous forme de nitrates)

De manière générale, les engrais sont épanchés en fonction des besoins des cultures, mais comme il est souvent difficile de prévoir la quantité d'azote disponible après minéralisation, ainsi que la quantité de phosphate ( $PO_4^{3-}$ ) et de potassium ( $K^+$ ) disponibles dans le sol, ces éléments sont parfois apportés en excès.

Après épandage, azote, phosphore et potasse se retrouvent dans le sol puis dans l'eau par ruissellement et lessivage des sols. La présence de l'azote et du phosphore dans les nappes phréatiques ou les eaux de ruissellement peut engendrer une eutrophisation\* du milieu, qui correspond à un surdéveloppement d'algues vertes. Ces mêmes pollutions peuvent également se produire avec des amendements organiques mal employés, comme le fumier et le lisier. C'est le cas en Bretagne, important bassin d'élevage de porcs et de volailles.

Les épandages de lisiers, de fumier ou de composts (d'origine animale ou végétale) ont les mêmes inconvénients que les engrais minéraux s'ils sont réalisés en excès ou à une mauvaise période, comme lors du repos végétatif ou en cas de fortes pluies.

### Les impacts des engrais de synthèse sur le sol

En participant à la minéralisation de la matière organique, les engrais organiques augmentent l'activité de la vie du sol.

Les engrais chimiques, quant à eux, présentent des composés qui sont déjà sous forme minérale. Leur épandage ne permet donc pas de nourrir et stimuler l'activité de la microflore du sol. Ils peuvent de ce fait stériliser la vie du sol, ce qui entraîne l'inactivité et le déclin de la microflore. A long terme, cela se traduit par une baisse de fertilité et une détérioration des qualités physiques des terres agricoles, d'où le développement de ravageurs (maladies et animaux). La détérioration des qualités physiques se traduit également par une augmentation de la battance\* (formation d'une croûte sur la partie superficielle du sol) et de la compacité du sol, un manque de porosité et une perte de son pouvoir tampon\*.

Utiliser des engrais de synthèse peut ainsi induire une baisse de rendement des récoltes, une plus grande sensibilité aux parasites et une diminution des qualités nutritives des productions.

En plus des phénomènes de pollution aquatique et de stérilisation des sols, les engrais de synthèse représentent une dépense importante en énergie et pétrole lors de leur production. Pour toutes ces raisons et pour suivre une certaine éthique, nous pouvons raisonnablement nous poser la question : **si l'on essayait de se passer des engrais de synthèse ?**



Les « marées vertes » résultent de l'eutrophisation - Crédits : FNE

# AGRICULTURE

## F8 • DES ALTERNATIVES AUX ENGRAIS DE SYNTHÈSE 2/3



### LES ALTERNATIVES AUX ENGRAIS CHIMIQUES

Depuis quelques décennies, l'utilisation des engrais a connu un essor considérable et a permis à l'agriculture de produire massivement et de fournir une alimentation abondante tout en réduisant considérablement le recours à la main d'œuvre et les coûts. Mais cette utilisation massive se heurte entre autres à la durabilité d'un système qui utilise des ressources fossiles en voie d'épuisement. La recherche des alternatives aux engrais solubles s'impose alors afin de garantir la durabilité de l'agriculture et la sécurité de l'alimentation.



Crédits : Grahamhorn

### Quelles agricultures aujourd'hui et demain ?

L'agriculture serait l'art de cultiver le sol pour obtenir des denrées utiles à l'homme, tout en maintenant sa fertilité.

Selon G. Barbier (1955), « la fertilité d'un sol se mesure à l'abondance des récoltes qu'il porte, lorsqu'on lui applique les techniques agricoles qui lui conviennent le mieux ». Ces 50 dernières années, l'usage des engrais solubles a permis de s'affranchir des rotations et de principes d'agronomie ; ils ont clairement simplifié le travail des agriculteurs.

Cette définition qui ne fait pas apparaître la double exigence de qualité et de durabilité de cette aptitude à produire est complétée en 1972 par HP Rusch par la notion de fécondité du sol. La fécondité du sol est l'aptitude du sol à produire toute la chaîne alimentaire allant des micro-organismes du sol à l'homme, en passant par la plante et l'animal, ceci pendant des générations.

L'emploi de produits fertilisants ou de pesticides ne doit plus être envisagé en fonction d'un rendement et d'une fertilité à court terme, mais en tenant compte des effets sur le long terme. Il doit prendre en compte l'épuisement des ressources énergétiques fossiles et minérales, le changement climatique, la pollution de l'eau et de l'environnement par les nitrates et les pesticides.

Le rendement des produits végétaux n'a d'importance que si cette production est en mesure de nourrir sainement et durablement les animaux et les hommes. Le temps où l'on pensait fertiliser le sol en lui fournissant uniquement les éléments N P K sous forme d'engrais est loin maintenant, aucun agriculteur n'ignore l'indispensable rôle des matières organiques et des oligoéléments. Les erreurs des débuts de la fertilisation basée sur les travaux de Liebig sur l'alimentation minérale des plantes ont provoqué la stérilisation de milliers d'hectares dans le monde, due à l'abandon des apports organiques.

### La fertilisation

Malgré le retour de la fertilisation organique, la fertilisation est actuellement envisagée sous deux formes différentes :

- Fertiliser un sol, c'est l'enrichir en éléments nutritifs assimilables ou facilement solubilisés, dans l'équilibre que l'on pense être le meilleur.
- Fertiliser un sol, c'est favoriser le déroulement des cycles biologiques en respectant les étapes microbiennes que l'on stimule par la création d'un milieu favorable et l'apport d'aliments organiques ou minéraux non assimilables directement par la plante.

A partir des engrais, il est très difficile de fournir aux plantes les éléments ou les oligoéléments dont elles ont besoin, dans l'équilibre qui convient à chaque espèce et à chaque stade végétatif. Apportés en excès dans la solution du sol, certains ions\* bloquent l'assimilation d'autres. A contrario, le fait de laisser à la vie microbienne active du sol le soin de préparer les éléments nutritifs qui conviennent aux plantes semble résoudre beaucoup mieux les problèmes de fertilisation et confère aux plantes une meilleure résistance au parasitisme.

Un plan logique pour améliorer la fertilité du sol pourrait être le suivant :

1. Améliorer les propriétés physiques du sol pour permettre une meilleure circulation de l'air, de l'eau et la pénétration des racines. Le fait d'agir sur la texture étant difficilement réalisable (répartition des minéraux par catégorie de grosseur : gravillons, sable, limon, argile), on peut envisager d'influer sur la structure du sol. En effet, la structure peut être rapidement modifiée par le travail du sol dans certaines conditions d'humidité et avec des instruments appropriés, par l'introduction de la prairie dans les rotations ou par des amendements\* calcaires ou organiques.
2. Améliorer les propriétés chimiques, physico-chimiques et biologiques en utilisant des amendements. Des amendements organiques peuvent être utilisés afin d'apporter une structure grumeleuse au sol, ce qui a pour avantage d'améliorer l'aération et le pouvoir tampon du sol. On peut aussi réaliser des amendements par chaulage des terres acides.



Crédits : L. Kosmala - FRAPNA

## L'implantation de cultures intermédiaires

Pour absorber l'azote nitrique, les sols agricoles doivent être si possible couverts en permanence entre deux cultures par des cultures intercalaires dont l'objectif est de capter les éléments fertilisants assimilables non fixés dans le sol, on parle de cultures intermédiaires pièges à nitrates (CIPAN). Avec la Directive Nitrate, ces cultures deviennent obligatoires en zone sensible et en zone action renforcée (ZAR) pour limiter la pollution des masses d'eau.



Le trèfle peut être utilisé comme culture intermédiaire  
Crédits : Stéphanie de Nadaï

La capture par ces cultures intercalaires des éléments fertilisants non fixés par le sol limite les pertes par ruissellement et par lessivage.

Les cultures pièges à nitrates ont également l'avantage d'améliorer la structure du sol par :

- le travail des racines, qui contribue à créer une structure « grumeleuse »,
- l'apport de matière organique au sol.

Ces cultures intermédiaires peuvent être anticipées par un mélange avec la culture principale. Ainsi, en agriculture biologique, lors du dernier passage printanier de herse étrille sur les céréales, on peut semer du trèfle ou de la luzerne pour éviter la prolifération des adventices après la moisson et commencer à fixer azote et carbone pour les cultures suivantes. Des graminées peuvent également être introduites, leurs racines ayant un fort pouvoir restructurant du sol.

### La réalisation des épandages « au bon moment »

En agriculture conventionnelle, les efforts de réduction des intrants portent sur la limitation des quantités et l'apport au bon moment, premier effort bénéfique qui est économiquement rentable. En effet, les épandages réalisés en période de forte croissance des plantes permettent aux racines des végétaux de mieux capter les apports minéraux et organiques.

### L'enseignement de la nature

Sur terre, ce sont des milieux naturels qui détiennent le record absolu de fabrication de matière vivante par unité de surface : les forêts primaires (ou dans nos régions les forêts alluviales). L'observation de l'organisation spatiale et des stratégies développées par les différentes espèces animales et végétales nous indique les fonctions naturelles à mettre en œuvre ou à favoriser pour trouver les alternatives à l'utilisation des engrais de synthèse.

### • L'énergie solaire

Les plantes utilisent l'énergie du soleil pour fabriquer les sucres : elles sont à la recherche de l'exposition maximale des feuilles à la lumière du soleil. La photosynthèse utilise l'énergie lumineuse (le soleil) pour fabriquer du sucre (le glucose). Ce processus simplifié est représenté par l'équation suivante :  
$$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{lumière} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$$

Il faut donc à la plante de l'eau, du soleil et du gaz carbonique. Dans une forêt, c'est un maximum de feuilles qui captent la lumière du soleil tout au long de l'année et à différentes hauteurs. Sous nos climats, certaines plantes profitent du repos hivernal pour boucler leur cycle végétatif avant d'être privées du soleil direct par l'ombre des grands arbres, d'autres s'adaptent à la vie à l'ombre.

### • Les associations végétales

Pour construire leurs composants cellulaires (protéines et ADN des chromosomes), les êtres vivants ont besoin d'un élément essentiel : l'azote. Cet élément est disponible gratuitement et sans engrais dans tous les milieux naturels.

La fixation de l'azote par certaines plantes est un processus comparable à celui de la photosynthèse, mais la fixation de l'azote ambiant n'est réalisée que par certaines espèces de bactéries et d'algues. De nombreuses plantes dites légumineuses la réalisent de façon indirecte, en symbiose avec des bactéries qui se localisent généralement dans des nodosités\* situées sur leurs racines. Au cours de leur cycle de vie et de reproduction, les plantes légumineuses vont laisser dans le sol l'azote qu'elles ont fixé, cet azote est disponible pour les plantes qui ne vivent pas en symbiose\* avec les bactéries fixatrices de l'azote. [1]

### • L'exploration maximale du sol par les racines

Les arbres sont capables d'explorer le sol profondément, en association avec les champignons avec lesquels ils vivent en symbiose. Ils peuvent ainsi remonter de la roche mère des éléments essentiels comme l'acide phosphorique, la potasse ou des oligoéléments et les rendre disponibles à des plantes ayant un enracinement superficiel, après décomposition des feuilles mortes.



Crédits : Wikimedia

# AGRICULTURE

## F8 • DES ALTERNATIVES AUX ENGRAIS DE SYNTHÈSE 3/3



### Les cultures associées

Le système de cultures associées est un mode d'exploitation consistant à cultiver plusieurs espèces végétales en même temps et sur une même parcelle, les plantes étant choisies selon leur complémentarité.

#### • L'association de légumineuses\* et de graminées\*

Dans ce système, les légumineuses fixent l'azote atmosphérique. Le sol est ainsi enrichi en azote, ce qui est bénéfique à la croissance des graminées fourragères et des céréales. Les systèmes racinaires complémentaires des deux espèces favorisent la vie biologique des sols.

#### Exemple : le ray-grass anglais\* associé au trèfle blanc

La fixation de l'azote de l'air par les nodosités du trèfle blanc permet de couvrir les besoins en azote du ray-grass anglais ; ceci entraîne une diminution des apports d'engrais pouvant aller de 150 à 250 kg d'azote minéral par hectare.

Grâce à la plus grande stabilité de la valeur alimentaire du trèfle blanc, l'association permet d'allonger la période de pâture à la fin du printemps et à l'automne ; la chute de qualité de la prairie en fin de cycle est moins brutale qu'avec du ray-grass anglais seul ; l'introduction d'une légumineuse dans les prairies contribue à augmenter l'autonomie protéique des élevages.

En grandes cultures, l'INRA a obtenu des résultats satisfaisants sur une expérience de blé panifiable cultivé en association avec une légumineuse à graines : le pois. Ce système permet d'améliorer le rendement et la teneur en protéines d'un blé bio.

#### En savoir +

- *La particularité de l'azote et son utilisation [1]*
- *Les expériences agronomiques menées sur prairies [2]*
- *Les travaux de recherche de l'INRA : Innovations Agronomiques (2009) 4, 165-176. Est-il possible d'améliorer le rendement et la teneur en protéines du blé en Agriculture Biologique au moyen de cultures intermédiaires ou de cultures associées ? E. Justes, L. Bedoussac, L. Prieur [3]*

### L'agroforesterie

L'agroforesterie désigne l'association d'arbres avec cultures ou animaux sur une même parcelle agricole, en bordure ou en plein champ.



Graminées sous chênes - Crédits : Wikimedia

Si des recherches sont en cours sur les bénéfices de différentes associations entre espèces et cultures, un des meilleurs atouts de l'agroforesterie au sens large est de restaurer la fertilité du sol. Les arbres restituent de la matière organique au sol (les feuilles tombent au sol, les racines se décomposent : 40 % de la biomasse d'un arbre retourne au sol chaque année). De plus, le système racinaire des arbres permet une meilleure exploitation des ressources hydriques et minérales du sol (notamment le phosphore) par la plante.

#### Une expérience menée en lycée agricole

La ferme du lycée Le Valentin, à Bourg-lès-Valence (26), a mis en place depuis 8 ans des parcelles agroforestières. Pendant 7 années, les châtaigniers ont été associés à une prairie de pâtures. Puis, la pâture a été remplacée par un mélange triticale-pois et les châtaigniers par du bois d'œuvre. Il s'est avéré que l'association du triticale et du bois d'œuvre est plus adéquate que celle des châtaigniers et des prairies (notamment par rapport à la hauteur des branches de châtaigniers qui à la base n'étaient pas destinés à l'agroforesterie). Pour le lycée, ce système permet de fertiliser et structurer le sol, tout en assurant une plus-value avec le bois.

## Les engrais organiques

Il s'agit d'enrichir le sol en éléments nutritifs vivants, assimilables ou facilement solubilisés, dans l'équilibre que l'on pense être le meilleur.

- **Les déjections animales (principalement utilisées en agriculture)**

Ce sont les excréments solides (crottin, bouse, fumier de poule, guano de poisson, etc.) ou liquides (urine, pissat) d'un animal, ainsi que les déchets d'abattoir. La teneur des déjections en éléments fertilisants varie selon les espèces, l'alimentation et le type de production.

On parle de fumier lorsque la matière organique est mélangée à de la litière : c'est principalement ce que l'on récupère des stabulations et boxes d'élevage. Le compost est obtenu après compostage de la matière organique, c'est-à-dire par un processus biologique de dégradation des matières organiques en un produit hygiénisé.

Exemple de la ferme « Les jardins épicés », Herbeys (38)

En maraîchage biologique depuis quelques années, la ferme assure l'apport de matière organique aux cultures de légumes par l'épandage de fumier bovin et ovin. Les déjections proviennent d'une exploitation voisine, elle-même en agriculture biologique. Ce système permet de valoriser les ressources organiques locales et de limiter le transfert de matière.

- **Les déchets verts**

Ce sont des déchets végétaux, généralement issus de la taille d'arbres et de haies. Dans certaines communes, ces déchets peuvent être compostés au centre de compostage. Mais il existe une autre valorisation utilisable dans les systèmes agricoles : la production de Bois Raméal Fragmenté (BRF).



Paillage d'arbres avec du Bois Raméal Fragmenté  
Crédits : BFR Avenir

Le BRF est produit par fragmentation de branches d'élagage fraîchement coupées à l'aide d'un broyeur. Le bois fragmenté est répandu sur les terres agricoles et décomposé par la microfaune et la microflore du sol. Ainsi, le BRF assure un rôle nutritif mais aussi un rôle de structuration du sol.

A l'heure actuelle, le BRF ne peut se démocratiser en grandes cultures, notamment à cause de la faible disponibilité du bois raméal. Cela devrait changer, dans les années à venir, avec l'installation de haies et la mise en place de parcelles agroforestières.



Crédits : L. Kosmala, FRAPNA Isère

### Exemple de la ferme de Joëlle et Bernard Batifoulier, en maraîchage à Sassenage (38)

Ici, la technique du BRF (utilisée depuis 5 ans) permet de retrouver un équilibre naturel des sols à moyen et long terme. La première année a été difficile car le sol n'était pas encore adapté à la digestion du BRF et se retrouvait en «faim d'azote». Les agriculteurs ont essayé différentes techniques pour palier à ce problème qui s'estompe dès la deuxième année de mise en place de BRF. Pour eux « la technique du BRF n'aura de sens qu'en abandonnant tout produit chimique sans exception ».

Si nous affichons ici l'utilisation d'engrais organiques comme alternative souhaitable aux engrais de synthèse, cela suppose la proximité d'élevages pour en disposer. Certains céréaliers en Agriculture Biologique ont ainsi favorisé l'installation dans leur voisinage d'élevages bovins afin de disposer de lisier ou de fumier. En région de grandes cultures, l'agronome Marc Dufumier suggère l'installation d'élevages de chèvres compte tenu de la demande de ce lait et du moindre coût de l'installation.

### L'agriculture « raisonnée »

Beaucoup d'exploitations utilisent les deux types d'engrais (organiques et minéraux) suivant les besoins du sol, mais la plupart des exploitations en zone de grandes cultures n'utilisent encore que des engrais minéraux. La distinction entre amendement organique et engrais organique se fait en fonction de la teneur en azote. La teneur en azote total (g/100 g produit sec) varie de 3,8 à 14,3% pour les engrais organiques et de 0,8 à 3,4% pour les amendements.

Ce sont généralement les matières organiques d'origine animale qui donnent des engrais organiques, en raison d'une plus forte teneur en azote total et d'une forte proportion d'azote rapidement minéralisé. Il s'agit de déjections animales (guano, fientes de volaille, lisiers, cornes et sang séché) ou de déchets industriels (vinasse de betteraves, dérivés de la production de levures, tourteaux...).

### En savoir +

- BRF Avenir, association pour la promotion du Bois Raméal Fragmenté
- Association Française d'Agroforesterie (AFAF)
- AGROOF, bureau d'étude spécialisé en agroforesterie