



Adapter les Apports Organiques au sol



En agriculture biologique, la nutrition des cultures ne passe pas directement par l'apport d'éléments minéraux, mais par des apports de matières organiques aux multiples effets sur la fertilité du sol. Celle-ci est également entretenue par **un ensemble de pratiques culturales favorables** telles que :

- la rotation des cultures,
- la pratique des engrais verts,
- la maîtrise de l'aération et de l'humidité du sol.

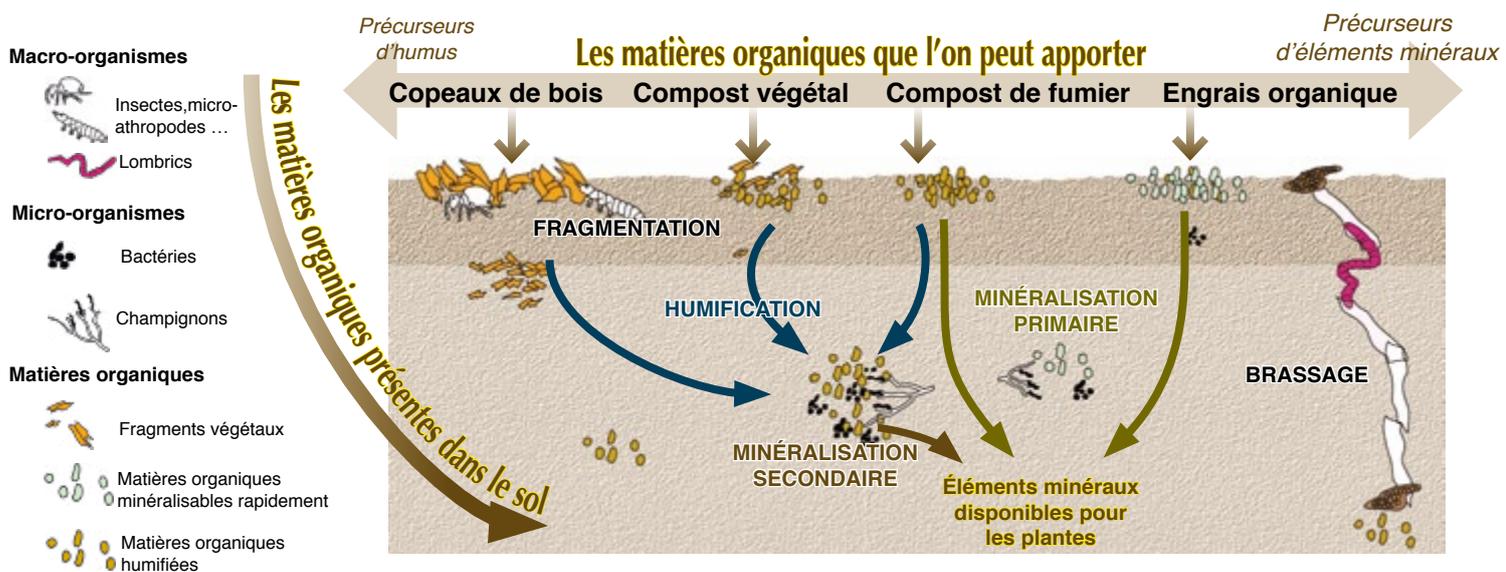
Connaître le fonctionnement du sol : la clé du raisonnement

Différents mécanismes entrent en jeu dans l'assimilation des matières organiques dans le sol :

- Les éléments végétaux grossiers sont fragmentés par l'action des insectes et des microarthropodes.
- Les fragments végétaux sont ensuite transformés en humus, sous l'action de micro-organismes.
- L'humus est minéralisé progressivement.
- Certaines fractions de matière organique, en particulier celles d'origine animale, sont directement minéralisées,

sans passer par l'étape d'humification.

Selon les sols, ces mécanismes agissent avec des intensités différentes. Afin de raisonner au mieux les apports, il est important de bien évaluer la fertilité de son sol : physique (texture, aération, structure), chimique (teneur en éléments minéraux, pH), et biologique (matière organique présente et évaluation de sa disponibilité, présence de micro-organismes et de vers de terre).



MATIÈRES ORGANIQUES
fiche N°3



Comment évaluer la fertilité des sols ?

Les observations de terrain

Le profil de sol pour connaître son sol en 3 dimensions

Creuser une fosse pédologique permet d'évaluer la fertilité physique (structure, porosité, compacité) et biologique (présence de vers de terre notamment) et de révéler d'éventuels dysfonctionnements (matière organique non dégradée, hydromorphie, obstacles à l'enracinement).

Le profil cultural pour évaluer l'impact du travail du sol

L'observation des strates superficielles de sol permet de diagnostiquer l'impact des pratiques sur la fertilité physique du sol. Cette méthode consiste à décrire les hori-

zons supérieurs en identifiant les états structuraux du sol (structure continue, fragmentaire ou particulaire) et l'état interne des mottes.

L'observation des plantes naturelles pour estimer le fonctionnement organique du sol

Les « mauvaises herbes » rencontrées dans une parcelle cultivée apparaissent parce que les conditions de climat et du sol lui sont favorables. Connaître ces liens permet d'avoir des éléments de diagnostic du sol.¹

Les analyses de laboratoire

Les analyses classiques : complémentaires aux observations de terrain

Le taux de matières organiques

Il est calculé à partir de la mesure du carbone organique total de l'échantillon. C'est un élément de suivi qui permet de savoir si le sol est bien fourni en matières organiques ou non. Cependant, il ne donne pas d'indication ni sur la qualité ni sur l'évolution prévisible de ces matières.

Le ratio Carbone sur Azote total (C/N)

C'est un indicateur de la dynamique de décomposition de la matière organique du sol :

- **C/N > 12** : la matière organique a des difficultés à se décomposer voire s'accumule.
- **C/N < 10** : la décomposition est rapide et le stock en matière organique diminue.

La teneur en nitrates avec le « Nitratest »

Cette analyse est facilement réalisable avec du petit matériel. Elle permet d'estimer la quantité (en kg/ha) d'azote disponible sous forme nitrate dans le sol. L'interprétation bien que délicate peut donner de précieux renseignements sur l'état de minéralisation de la matière organique du sol : des teneurs très élevées peuvent remettre en cause la stratégie d'apport et des teneurs faibles poser la question de leur insuffisance, ou de problèmes de blocage de la vie du sol.

Il est important de replacer les valeurs obtenues dans le contexte : conditions climatiques, culture en place, quantité et nature des apports réalisés. Il est également intéressant de comparer les parcelles entre-elles et de suivre l'évolution de la teneur dans le temps.

Le coefficient de minéralisation (K2)

Le K2 caractérise « la minéralisation de l'humus ». Il peut être utile d'essayer de le quantifier afin d'estimer les pertes annuelles de matière organique, ainsi que la mise à disposition naturelle du sol en azote. Le K2 dépend essentiellement du type de sol et des conditions climatiques : plus le sol est chaud, plus les pertes sont importantes. Celles-ci sont réduites si le sol est argileux et dans une moindre mesure s'il est calcaire.

L'une des formules² pouvant être utilisée pour calculer ce K2 est la suivante :

$$K2 = \frac{(0,6 t^{\circ} - 3)}{(1 + 0,05 A) (100 + 0,15 CaCO_3)}$$

t° : température moyenne annuelle

A : teneur en argile en %.

CaCO₃ : teneur en CaCO₃ en %.

Ce coefficient théorique est à adapter en tenant compte d'autres facteurs tels que : intensité du travail du sol, état d'humidité et de compaction du sol, présence d'aluminium libre, carence en azote et en phosphore³.

Comment calculer la quantité de matière organique minéralisée en utilisant le K2 ?

Exemple sur le site du GRAB⁶ à Avignon

Température annuelle	: 14,8 °C
Teneur en argile	: 23 %
Teneur en CaCO ₃	: 400 ‰

$$K2 = 1,7 \%$$

Cela signifie que 1,7 % de la matière organique de la terre fine du sol est minéralisée tous les ans.

L'analyse de sol indiquant une teneur en matière organique de 2,4% sur une masse de terre fine de 3 780 t/ha (estimation en fonction de la profondeur de sol travaillé, de la densité et du taux de cailloux), on estime à 3 780 t/ha x 2,4 % = 90 t/ha le stock de matière organique.

90 t/ha x 1,7% = 1,5 t/ha de matière organique sont minéralisées dans ce sol tous les ans.

Les analyses organo-biologiques

Le fractionnement granulométrique

Cette technique consiste à séparer les matières organiques selon leur taille. Les particules les plus grosses (> 200 µm) dont le renouvellement est rapide, les particules de taille moyenne (entre 50 et 200 µm), qui représentent la matière organique libre et lentement minéralisée. Les particules les plus fines (<50 µm) liées aux minéraux, résistent à la dégradation. En général, cette fraction est en proportion majoritaire dans les sols cultivés⁴.

Cette analyse permet de préciser la nature et le niveau de stabilité des matières organiques dans le sol.

Les mesures biologiques

La **mesure de la biomasse microbienne** quantifie la présence des principaux agents de transformation du sol (ensemble des micro-organismes du sol).

La **mesure des minéralisations** du carbone et de l'azote traduit l'activité globale de la biomasse microbienne et permet d'estimer un potentiel de minéralisation. Cette mesure est intéressante pour essayer de quantifier le pouvoir alimentaire d'un sol en azote.

La méthode BRDA-Hérody

Il s'agit d'une méthode globale qui combine des observations de terrain ainsi que des analyses de laboratoire. Notamment, une différenciation fine est faite entre dif-

férentes fractions de matières organiques, selon leur caractère actif ou non, stable ou fugitif, directement lié au minéral ou non.

Choisir la méthode en fonction du type de diagnostic souhaité :

- orienter des choix techniques pour plusieurs années : profil pédologique, analyses « classiques », méthode BRDA-Hérody (4-5 ans), analyses organo-biologiques (2-3 ans).
- affiner le diagnostic à l'échelle de la culture : profil cultural, observation du végétal, test nitrate.

Connaître les caractéristiques des matières organiques

Les produits organiques peuvent être classés selon la capacité qu'ils ont à rester stables et ainsi augmenter le taux d'humus du sol, ou au contraire à minéraliser facilement, c'est-à-dire libérer des éléments nutritifs disponibles pour les plantes.

De manière générale, les produits végétaux font partie de la première catégorie, et les produits

animaux de la deuxième. Les fumiers, composés de paille et de fèces, sont des produits mixtes qui permettent d'apporter de la matière organique stable tout en ayant un rôle de fertilisation à court terme.

Les teneurs en éléments fertilisants sont également des critères importants à prendre en compte dans le choix de la matière organique à apporter.

Les effets relatifs de différents apports de matières organiques sur la fertilité des sols	Broyats de bois	Composts de déchets verts	Lombricompost	Composts de pailles de lavande	Composts de marcs de raisin	Composts de grignons	Composts de fumiers	Grignons bruts	Fumiers	Engrais organiques (ex farine de plume)
Augmentation de la teneur en carbone du sol	Effet important	Effet important	Effet variable *	Effet faible	Effet faible	Effet faible	Effet faible	Effet faible	Effet faible	Effet négatif
Augmentation de l'activité microbologique	Effet faible	Effet faible	Effet faible	Effet faible	Effet faible	Effet faible	Effet faible	Effet faible	Effet important	Effet faible
Apport d'azote disponible	Effet négatif	Effet négatif	Effet variable *	Effet faible	Effet faible	Effet négatif	Effet négatif	Effet négatif	Effet faible	Effet important
Apport de phosphore	Effet faible	Effet faible	Effet variable *	Effet faible	Effet faible	Effet faible	Effet faible	Effet faible	Effet faible	Effet important
Apport de potassium	Effet faible	Effet faible	Effet variable *	Effet important	Effet important	Effet important	Effet important *	Effet important	Effet important	Effet variable *

Effet négatif Effet neutre Effet faible Effet moyen Effet important * Effet variable

■ Les indicateurs caractérisant la capacité d'un produit à augmenter la teneur en carbone du sol

Le ratio Carbone sur Azote (C/N)

C'est un indicateur très général qui ne rend pas bien compte de l'évolution possible du produit, tout dépendant des formes biochimiques sous lesquelles se trouvent le carbone (C) et l'azote (N). En général, plus le produit est stable, plus le C/N est élevé.

Le coefficient K1

C'est le pourcentage de matière organique (MO) apporté par un amendement, restant dans le sol au bout d'un an, et qui vient ainsi alimenter le stock de MO stable (humus). Il est en principe mesuré au champ et prend donc en compte le K2 du site où il est déterminé. Cette mesure au champ est longue et donc rarement réalisée.

L'Indice de Stabilité Biologique (ISB, en %) et la Caractérisation Biochimique de la Matière organique (CBM, en kg/t)

Il s'agit d'indices calculés à partir des fractions des

principales formes biochimiques d'un produit organique (lignine, cellulose, hémicellulose) obtenues après extraction au laboratoire. Ils permettent de distinguer les produits organiques qui se minéralisent dans le sol rapidement (ex : déjections de volaille), ou très lentement (ex : la tourbe).

L'Indice de Stabilité de la Matière Organique (ISMO, en % ou kg/t)

Ce nouvel indice, étalonné sur un plus large panel de produits et incluant dans sa formule la minéralisation de la MO du produit après trois jours d'incubation en conditions contrôlées, permet de mieux prédire le comportement de la plupart des amendements organiques que ne le faisaient l'ISB ou le CBM. Ce nouvel indicateur a été intégré à la norme NF U 44-051 et sa détermination est obligatoire pour une production de compost supérieure à 3 500 t/an.

■ Les teneurs en éléments fertilisants

L'azote (N)

Dans les matières organiques, l'azote est présent sous deux formes, en proportions variables selon les produits :

Azote minéral immédiatement disponible, rapidement utilisé par les plantes s'il n'est pas lessivé (nitrate) ou volatilisé (ammoniac) ;

Azote organique non immédiatement disponible évoluant sous l'action des microorganismes du sol en azote disponible dans l'année et en complexes stables (les composés humiques) se minéralisant progressivement sur plusieurs années.

Selon leur composition, l'azote contenu dans les produits est ainsi plus ou moins disponible pour les plantes : certains produits comme les broyats de bois et les grignons consomment plus d'azote qu'ils n'en produisent, alors que les engrais organiques apportent de l'azote rapidement disponible.

Le phosphore (P₂O₅)

Les formes organiques (contrairement aux phosphates naturels et scories de déphosphoration), ont l'avantage d'être assimilables plus rapidement par les plantes, même en sol calcaire. **Leur coefficient d'équivalence engrais* est de l'ordre de 60 à 80 %**. Attention aux excès de phosphore risquant d'inhiber les mycorhizes du sol, de bloquer le zinc, et de causer une pollution de l'eau par eutrophisation (dévelop-

pement néfaste d'algues).

Choisir des formulations n'apportant pas trop de phosphore dans les sols déjà riches en cet élément. **Les produits animaux** (en particulier les fumiers et fientes de volailles) **sont toujours plus riches en phosphore que les produits végétaux**.

Le potassium (K₂O)

La variabilité des teneurs en potassium peut-être importante notamment dans les fumiers, certains étant plus riches en potassium (fumiers de mouton) que d'autres. Attention pour les composts : le potassium étant facilement lessivable, si le tas de compost est lessivé par les pluies, il peut perdre jusqu'à la moitié de sa teneur en potassium. Le potassium contenu dans les matières organiques est l'élément le plus rapidement disponible pour les plantes. **Son coefficient d'équivalence engrais* est de 100 %**.

Oligo-éléments (cuivre, fer, zinc, manganèse, bore)

Les teneurs en oligo-éléments des matières organiques sont souvent peu connues, mais toujours non négligeables. Fertiliser en bio permet non seulement de maintenir le stock du sol en oligo-éléments, mais aussi d'en améliorer la disponibilité pour les plantes par la pratique des engrais verts et l'apport de matières organiques, notamment d'origine animale.

*Coefficient d'équivalence engrais = quantité d'éléments minéraux directement assimilables

■ Matières organiques en sacs du commerce : Comment faire son choix ?

Une très grande diversité de produits issus de matières organiques est disponible dans le commerce. Différentes caractéristiques et critères sont à prendre en compte lors du choix.

Composition : simple ou multi-produit, tels des fumiers, du compost, des tourteaux végétaux, de la vinasse de betterave (apport de potassium sans magnésium, ce qui est intéressant en sol ayant un ratio K/Mg trop faible), de la farine de sang ou de plume (apport d'azote rapidement disponible), des farines de viande et d'os, des fientes de volaille (idem farines + phosphore).

Type de produit : brut (s'incorpore de manière homogène au sol) ou en granulés (produit plus facile à épandre, mais nécessitant d'être humidifié pour bien s'incorporer au sol).

Teneur en matières sèches : plus elle est faible, plus le produit est humide et plus il faudra l'épandre en quantité.

Teneur en matière organique sur poids net : plus elle est faible, plus le produit contient des substances non organiques (sable, éléments minéraux : azote et phosphore minéral notamment).

Teneur en éléments fertilisants : doivent être obligatoirement mentionnées les teneurs en azote (N), phosphore (P₂O₅) et potasse (K₂O). Les teneurs sont à relativiser en fonction de l'origine des matières organiques constitutives afin d'en estimer la disponibilité pour les plantes et prévoir l'évolution du produit dans le sol.

Utilisation en agriculture biologique : la mention doit apparaître sur le sac.

■ Fréquence des apports

	Apports fractionnés (au moment des besoins de la culture)	Apports réguliers (1 à 2 fois /an)	Apports espacés (tous les 2-3 ans)
Type d'apport	Produit à libération rapide (ex : fientes de volaille)	Produit à effet amendement et fertilisant (ex : compost de fumier)	Produit stable, riche en humus (ex : compost de déchets verts)
Quantité	A ajuster au plus près des besoins des cultures	A adapter au sol et aux cultures	Quantités importantes possible
Objectif	Augmenter l'activité biologique du sol + fertiliser les cultures	Entretenir l'humus du sol + fertiliser les cultures	Entretenir l'humus du sol

Adapter les apports ...

... au sol

En cas de sol équilibré, il est indiqué d'apporter des matières organiques mixtes à la fois stable et facilement minéralisable et de composition en éléments nutritifs équilibrée, tels que les composts de fumier.

Mais certains sols peuvent être améliorés en orientant le choix vers un type particulier de produit organique. Ci-dessous, trois diagnostics possibles et leur « remède » :

Le taux de matière organique du sol est faible ainsi que son C/N, il a tendance à beaucoup minéraliser car il est peu riche en argile, et de pH neutre. **Attention, si le taux de matière organique s'amenuise encore, la fertilité du sol risque d'être remise en cause !**

Apporter des produits riches en matières organiques stables (compost de déchets verts, compost de fumiers mûr, copeaux de bois). Il faudra chaque année apporter de quoi compenser les pertes naturelles de matières organiques (voir ci-après), plus de quoi refaire le stock dégradé.

... à ses cultures fiches fertilisation par filière

... à ses pratiques

La profondeur de travail de sol influe beaucoup sur la diminution du stock d'humus : plus le sol est travaillé en profondeur et avec une fréquence élevée, plus grande sera la quantité de matière organique minéralisée.

En maraîchage, l'irrigation, le paillage, l'utilisation d'abris chauffés accentuent également la minéralisation.

Des matières organiques fraîches produites sur une parcelle et non récoltées peuvent être laissées sur le sol ou incorporées (notion de restitutions humiques).

Selon le type de résidus, on a une augmentation de l'humus et/ou des éléments minéraux du sol.

L'analyse révèle un fort taux de matière organique et un C/N élevé, de plus le sol est argilo-calcaire et donc a peu tendance à minéraliser. **Il a certainement tendance à stocker la matière organique !**

Apporter des produits riches en azote facilement minéralisable (fientes de volaille, sang séché, corne, guano). Les engrais verts permettront également d'activer la vie du sol et ainsi de rendre disponibles les éléments stockés sous forme d'humus.

L'analyse de sol présente des excès ou des carences en éléments fertilisants, des risques de blocage par déséquilibre entre éléments. En effet on observe des signes de carence sur les végétaux, ou encore des traces d'excès de phosphore (développement d'algues vertes dans les flaques) ...

Choisir votre apport organique en fonction de sa teneur en éléments fertilisants ! Produit issu de volaille pour un sol déficient en phosphore, riche en potasse en cas de carence réelle ou induite par un fort taux de magnésium...

- En arboriculture et en viticulture, les pratiques d'enherbement (de plus de 3 ans) sont favorables surtout par la décomposition des racines (apport de 100 à 300 kg d'humus par hectare) ; le broyage des bois de taille contribue également à entretenir le stock d'humus du sol (250 à 500 kg d'humus/ha) et apporte également des quantités non négligeables de potasse.
- En céréales, l'enfouissement des pailles produit un effet similaire (apport d'humus et de potasse).
- En légumes, les parties feuilles et racines non récoltées sont par contre rapidement minéralisées et apportent des quantités non négligeables d'éléments fertilisants.

Calculer les quantités à apporter ...

... pour maintenir une bonne teneur en matière organique

Qu'est-ce qu'une bonne teneur en matières organiques ?

Pour l'instant, personne n'a la réponse précise. Différents travaux de recherche ont montré que plus la

teneur en argile du sol est élevée, plus le taux de matière organique souhaitable augmente. Cependant une étude britannique conclue qu'il reste difficile de parler de seuils de teneurs satisfaisantes⁵. Le taux de matière organique souhaitable est souvent men-

tionné entre 2 et 4 %, ce qui est relativement difficile à atteindre en sol sableux sous climat méditerranéen.

Dans la pratique, l'idée est de **veiller au moins à ce que le stock de matières organiques de son sol ne diminue pas** (pour éviter une dégradation sur le moyen et long terme), voire de **se donner un objectif de rehaussement** si l'on estime que les propriétés physiques, chimiques, biologiques. Ainsi, la fertilité générale de son sol peut être améliorée.

En effet, un manque de matière organique dans un sol est *a priori* plus préjudiciable pour sa fertilité (mauvaise rétention de l'eau et des minéraux, compaction, battance), qu'un excès (accentuation des processus naturels du cycle des matières organiques : minéralisation excessive ou au contraire phénomène de faim d'azote, variables dans l'année selon les conditions de climat et le type de matières organiques constituant le sol).

Comment calculer la quantité d'amendement organique à apporter ?

Exemple sur le site du GRAB⁶ à Avignon

Cette parcelle n'ayant pas de restitution organique par les résidus de culture, l'ensemble de la matière organique minéralisée chaque année (1,5 t/ha) est à compenser.

- Si on utilise un **compost de déchets verts**, contenant 27 % de MO sur son poids brut et ayant un ISMO de 0,8, il faudra en apporter : $1,5 / (0,27 \times 0,8) = 7 \text{ t/ha}$

- Si c'est un **compost de fumier de bovins** qui est utilisé, contenant 21 % de MO sur son poids brut et ayant un ISMO de 0,6, il faudra en apporter : $1,5 / (0,21 \times 0,6) = 12 \text{ t/ha}$

Ce type de calcul est bien sûr théorique, les dynamiques d'évolution des sols et des matières organiques étant compliquées à modéliser. Quoi qu'il en soit, l'intérêt est d'avoir une base de réflexion sur les pertes et les entrées en MO sur ses parcelles. L'évolution des teneurs en MO se faisant plutôt sur le long terme, il est important aussi de comparer des analyses de MO faites à 4 ans d'intervalles par exemple, sur une même parcelle.

... pour apporter de l'azote, sans excès

La fertilisation est loin d'être une science exacte. Il existe tellement de facteurs qui interviennent dans le fonctionnement du sol et les besoins des plantes, qu'il est difficile de savoir précisément les quantités justes à apporter.

Cependant, il est indispensable de réaliser quelques calculs afin de se donner des repères et des limites maximales d'apports à réaliser, en particulier concernant l'azote. Cela permet :

- d'éviter la surfertilisation et les problèmes qui lui sont liés : mauvais équilibre des plantes, problèmes sanitaires, pollution des nappes phréatiques et des cours d'eau.

- de vérifier que l'on respecte la réglementation limitant les apports d'effluents d'élevage à 170 kg d'N/ha.

Attention, des carences observées peuvent ne pas être liées à des apports insuffisants, mais à un dysfonctionnement du sol (asphyxie, sécheresse, compaction), ou dans le cas de cultures précoces à un sol froid n'ayant pas encore commencé à minéraliser.

Dans ces cas là, il faudra s'attacher à résoudre le dysfonctionnement s'il y en a un, ou assurer la nutrition des cultures précoces avec des matières organiques facilement décomposables, afin de couvrir les besoins jusqu'à mai seulement.

BILAN AZOTÉ

APPORTS = BESOINS - FOURNITURE DU SOL - CORRECTIONS

Les besoins de la culture dépendent :

- de son espèce ( fiches fertilisation par filière),
- du rendement attendu et de la durée d'implantation,
- du potentiel d'enracinement (l'utilisation de portes greffes vigoureux en maraîchage, la présence de mycorhizes ainsi qu'une bonne texture et profondeur de sol permettent en favorisant l'enracinement de diminuer les besoins de la plante en termes de teneurs dans le sol).

La fourniture du sol dépend :

- de sa nature (teneur en argile et en calcaire définissant le coefficient de minéralisation K2),
- des conditions climatiques de l'année,
- des pratiques (apports organiques et cultures précédentes, irrigation, travail du sol).

Des corrections sont à apporter en fonction :

- de l'état de la culture précédente (croissance végétative, maladies cryptogamiques), qui peut donner des indications sur des excès ou des carences en azote,
- des résultats d'un éventuel test azote.

 exemple page suivante

Exemple de bilan azoté pour une culture de tomate

		(en kg/ha)	Valeur pour l'exemple (en kg/ha)
BESOINS DE LA CULTURE		40 à 300	200
FOURNITURE DU SOL	Minéralisation de la matière organique constitutive du sol (voir analyse)	20 à 100	1,7% de 3,74 t/ha d'N total estimé soit 60 kg/ha
	Minéralisation résiduelle des apports organiques précédents	10 à 50	12 t/ha de fumier de bovin à 0,8% d'N dont il reste 20% azote soit 20 kg/ha
	Reste des cultures précédentes ou engrais verts	0 à 50	Pas de résidus ni d'engrais vert soit 0 kg/ha
	Utilisation d'azote par les micro-organismes pour décomposer la lignine (faim d'azote)	- 10 à - 100	Pas d'apport de matières ligneuses soit 0 kg/ha
CORRECTIONS	Excès observés	10 à 200	Test azote réalisé en mars révélant une teneur élevée de nitrates soit 20 kg/ha
	Carences observées	- 10 à - 200	
APPORTS = BESOINS - FOURNITURE - CORRECTIONS		0 à 250	100

Comment convertir les unités d'azote en tonne de matière organique par hectare ?

$$\text{Quantité de produit à épandre (en t/ha)} = \frac{\text{Azote à apporter (en kg/ha)}}{\text{Teneur du produit en azote « disponible » (en kg/t)}}$$

La teneur du produit en azote « disponible » est à estimer en fonction de la teneur en azote du produit et sa disponibilité (☞ fiches par produit et fiche n°18, indications sur l'emballage, analyses de laboratoire, ...).

Entre un compost de fumier moyennement pourvu en azote et minéralisant progressivement et partiellement la première année, et un guano à minéralisation rapide, les quantités ne seront pas les mêmes.

Choisir l'unité la plus adaptée au terrain
1 t/ha = 100 kg/1 000 m² = 100 g/m²

Exemple de conversion

Quelle quantité de compost de fumier de bovin (contenant 8 kg/t d'azote, dont 40% de disponible la première année) faut-il prévoir pour fertiliser la tomate de notre exemple ?

$$100 / (8 \times 0,4) = 30 \text{ t/ha soit } 3 \text{ t/1 000 m}^2 \text{ ou } 3 \text{ kg/m}^2$$

Ces apports permettront également de compenser les pertes annuelles d'humus du sol (12 t/ha nécessaires, d'après les calculs précédents), et même d'en renforcer la teneur.

Sources bibliographiques :

- 1 Gérard DUCERF, L'encyclopédie des plantes bio-indicatrices, Guide de diagnostic des sols, Promonature, 2007
- 2 Jérôme BALESDENT, INRA
- 3 GIRARD MC et al., Sols et environnement, 2^{ème} édition, Editions DUNOD, 2005
- 4 SALDUCCI X, 2011 : Diagnostic de la fertilité biologique des sols et gestion de la MO, Celesta-Lab
- 5 Loveland et Webb, 2003
- 6 Groupe de Recherche en Agriculture Biologique



Rédacteur : Eleonore Bouvier (CA 06)
 Relecteurs : Gérard Gazeau (CA 84), Didier Jammes (Bio de Provence), Blaise Leclerc (Orgaterre)
 Crédits photos : CA 84 – Mise en page : Brigitte Laroche, Bernard Nicolas
 Coordination : CRA PACA - Maison des Agriculteurs - 22 rue Henri Pontier
 13626 Aix-en-Provence Cedex 1 - Tél. : 04 42 17 15 00 - f.bouvard@paca.chambagri.fr