

# UTILISATION DES PRODUITS ORGANIQUES EN RECONSTITUTION DE SOL

## Inventaire des pratiques en France

### Etat de l'art des connaissances liées aux impacts de ces pratiques

Christophe Bacholle (1), Blaise Leclerc (2), Yves Coppin (3)

(1) Divergent, [c.bacholle@wanadoo.fr](mailto:c.bacholle@wanadoo.fr)

(2) Orgaterre (coordonnées d'Echo-MO, [blaise.leclerc@wanadoo.fr](mailto:blaise.leclerc@wanadoo.fr))

(3) ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) - Direction Déchets & Sols, 2 Square Lafayette, BP 90406, 49004 ANGERS Cedex 01 – tél. : 02 41 20 41 20 – fax : 02 41 20 43 01 - [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

## Introduction

Cet article est une synthèse du document du même titre, disponible à l'ADEME<sup>1</sup>, qui fait le point d'une part sur les connaissances concernant l'impact des apports de produits organiques dans les opérations de reconstitution de sols avant végétalisation, d'autre part sur les pratiques de reconstitution de sols actuellement en cours en France.

Les opérations d'aménagements qu'ils soient d'infrastructures (routiers, ferroviaires,...), de réhabilitation (friches industrielles,...) ou urbains, font systématiquement appel aux techniques de végétalisation pour mettre ou remettre en place les « parties vertes » de leur programme. L'objectif premier de cette végétalisation est souvent l'insertion paysagère de ces aménagements, mais d'autres objectifs interviennent, parfois de façon déterminante : lutte contre l'érosion, confinement et stabilisation de sols pollués, etc. Ils peuvent aussi avoir un objectif plus récréatif comme pour les espaces verts de centre ville. Cette végétalisation nécessite souvent une opération préalable de **reconstitution du sol** destinée à recevoir ce couvert végétal.

La reconstitution d'un sol favorable à l'installation et au développement de ce couvert végétal génère l'apport de matériaux extérieurs :

- Des terres, qualifiées de « terres végétales », qui, lorsqu'elles ne sont pas de qualité suffisante, sont amendées avec des quantités variables de matières organiques.
- Des matières organiques, presque exclusivement sous forme de composts, en quantités plus ou moins importantes en fonction de la qualité du substrat en place, incorporées ou non à ce substrat.

La caractéristique principale, du point de vue agronomique, de ces opérations est un apport en une fois de matières organiques à des volumes importants (supérieurs aux maximums pratiqués en agriculture pour un épandage).

L'objectif de cette étude était d'une part d'aborder la question des impacts au travers des données issues de la bibliographie, d'autre part d'avoir une meilleure connaissance des pratiques effectivement mises en œuvre sur le terrain.

## Principaux résultats de l'étude bibliographique : points de vigilance

En terme d'impact de ces pratiques, l'analyse bibliographique montre que, pour l'ensemble des opérations de reconstitution de sols, les deux points de vigilance majeurs concernent :

- La lixiviation de l'azote (sous forme de nitrates) dans les premiers mois jusqu'à la colonisation du substrat par les racines. Cet impact, somme toute assez relatif dans la mesure où il ne concerne que la ou les premières années de mise en place (contrairement à un système agricole dans lequel l'impact des apports azotés est plus faible annuellement mais récurrent années après années) peut être maîtrisé par une bonne gestion du calendrier des travaux (un ensemencement optimal pour une croissance rapide et donc une consommation la plus complète possible de l'azote disponible), des doses raisonnables, et l'utilisation de produits compostés suffisamment mûrs.
- Le risque de lixiviation des ETM à court et long terme, et, plus globalement la dynamique des ETM à long terme dans les sols reconstitués avec des produits organiques. La mise en évidence de cet impact provient essentiellement de références bibliographiques concernant des utilisations de boues urbaines brutes dont les compositions en ETM ne sont pas toujours connues. Peut-on émettre l'hypothèse d'une meilleure immobilisation des ETM sur les produits compostés ? Cela paraîtrait logique, mais les résultats des expérimentations sont parfois contradictoires. Ces expérimentations, très souvent de court terme (< 3 ans), ne permettent pas d'apprécier des dynamiques de relargage ou recomplexation de ces ETM sur le long terme.

D'autres points de vigilance existent selon le site concerné : l'érosion hydrique dans le court terme mais également sur le long terme dans les opérations sur très fortes pentes, les exportations vers les végétaux (ETM, agents biologiques) pour les sites susceptibles de recevoir des animaux, etc. (voir tableau 1).

<sup>1</sup> L'étude complète peut être obtenue au format .pdf (144 pages - 3,3 Mo) auprès de Mme Christelle Gérard, ADEME, tél. : 02 41 20 43 13, [christelle.gerard@ademe.fr](mailto:christelle.gerard@ademe.fr)

Tableau 1 : **Points de vigilance** concernant les transferts consécutifs aux opérations de reconstitution de sols

|                                       | Période entre l'épandage du produit organique et l'installation d'un couvert végétal herbacé (quelques mois)   | Période à l'équilibre durant laquelle la végétalisation est considérée comme réussie (couverture végétale persistante - plusieurs années)   |
|---------------------------------------|--|---|
| <b>Érosion hydrique</b>               | Toute opération de reconstitution de sols est destinée à terme à limiter l'érosion hydrique. Cependant, la période qui précède l'installation de la couverture végétale est particulièrement sensible à cette érosion hydrique, puisque la végétation ne joue pas encore son rôle de limitation du ruissellement et de consommation d'eau, notamment dans les opérations sur fortes pentes (supérieures à 15 %). Or l'érosion hydrique peut être une voie importante de transferts puisqu'elle concerne tous les éléments. La rapidité d'installation d'un couvert végétal dense contribue le plus efficacement à la limiter. L' <b>azote</b> peut être entraîné par ruissellement sous formes minérales ou organiques, mais également avec les particules solides érodées. Le <b>phosphore</b> est entraîné en même temps que les particules solides (organiques ou minérales) lors d'un épisode d'érosion hydrique. C'est donc durant la période précédant l'installation du couvert végétal que l'entraînement du phosphore est le plus probable. Les <b>ETM</b> et les <b>agents biologiques</b> peuvent également être entraînés par ruissellement ou fixés sur les particules solides érodées.                 | Pas de points de vigilance particuliers si la végétalisation est réussie. En effet une fois la végétation installée l'érosion hydrique est très faible, les pertes d'éléments sont alors réduites, notamment celles de phosphore (voie principale de transfert pour cet élément).   |
| <b>Lixiviation</b>                    | <b>Azote</b> : la période précédant l'installation complète du couvert végétal est celle qui présente le plus de risques concernant la lixiviation de l'azote, principalement sous sa forme nitrique. Les quantités d'azote minéral issues de la minéralisation des produits organiques peuvent en effet excéder momentanément les besoins des végétaux dont la taille et la densité sont encore insuffisantes pour qu'ils puissent consommer tout l'azote minéralisé. La date d'épandage doit être calée en fonction des conditions pédoclimatiques (influence de l'humidité et de la température sur la minéralisation, la lixiviation, la croissance des végétaux), et les doses de produits organiques doivent tenir compte de leur teneur en azote minéral (souvent faible sauf pour les effluents d'élevage) et du potentiel de minéralisation de leur azote organique, très variable d'un produit à l'autre. La période précédant l'installation complète du couvert végétal présente également un risque concernant la lixiviation des <b>ETM</b> , en fonction de différents critères : teneurs en ETM et doses d'apport des produits organiques, caractéristiques de substrat (pH, texture, teneur en MO). | La lixiviation de l' <b>azote</b> ne se cantonne pas à la phase d'installation du couvert végétal, mais dans la mesure où n'interviennent pas d'autres apports de produits organiques et que le couvert végétal se densifie, la tendance est à sa réduction d'année en année.<br><br>Les risques de lixiviation des <b>ETM</b> persistent même lorsque le couvert végétal est installé, dans une moindre mesure puisque le drainage est limité par la consommation d'eau des végétaux et que ces derniers absorbent une partie des ETM.<br><br>Pour les sites riches en ETM la vigilance doit surtout porter sur le maintien du confinement des zones chargées en ETM, les apports d'ETM par les produits organiques étant négligeables par rapport aux quantités présentes sur le site.  |
| <b>Émissions dans l'atmosphère</b>    | <b>Points de vigilance pour cette période :</b><br><br>Des pertes d' <b>azote</b> ammoniacal sont possibles en fonction du pH du substrat (basique), des conditions climatiques (sèche) et de la teneur en azote ammoniacal des produits. L'enfouissement limite ces pertes. Des pertes de $\text{N}_2\text{O}$ sont également possibles suite à des apports massifs. Les <b>ETM</b> ne sont pas concernés par ce type de transfert, sauf le mercure. Il existe un risque de diffusion de <b>bioaérosols</b> lors de l'épandage.   | Comme dans le cas de la lixiviation, les émissions gazeuses diminuent et deviennent négligeables une fois le couvert végétal installé.  |
| <b>Exportations vers les végétaux</b> | Étant données les doses de produits organiques utilisées, les quantités d' <b>azote</b> sont en général suffisantes à l'installation du couvert végétal.<br><br><b>ETM</b> : Peu concerné car la végétation est encore peu développée. Néanmoins en cas de fortes teneurs des toxicités pourraient se manifester sur la germination et la croissance des jeunes plantes. Des tests de phytotoxicité peuvent être réalisés avec le produit organique utilisé avant son épandage sur le site.<br><br>De nombreux <b>agents biologiques</b> présents dans certains produits organiques (effluents d'élevage, boues) sont actifs plusieurs semaines après leur épandage. Au minimum il est nécessaire de respecter les délais avant pâturage.  | Les exportations peuvent évoluer en raison d'une éventuelle mobilisation d' <b>ETM</b> suite aux changements de caractéristiques du sol évoqués plus haut. Certains sites dont une couche de sol est chargée en ETM (centre de stockage de déchets, anciens parcs à cendres, terrils, etc.), et dont la couverture végétale est installée sur un substrat destiné à isoler cette couche de la surface, sont à surveiller de plus près pour ce critère, les racines de végétaux pouvant à terme atteindre ces couches chargées et conduire à des exportations d'ETM. Dans ces situations, plus l'on s'éloigne de l'opération de reconstitution de sols, plus le risque de transfert vers des animaux peut augmenter car un nouvel usage du site non prévu initialement est susceptible de survenir (pâturage par exemple).<br><br><b>Agents biologiques</b> : respecter les délais avant pâturage, les pathogènes étant détruits dans les quelques mois suivants l'épandage. |

## État des pratiques

La reconstitution de sol lorsqu'elle met en œuvre des produits organiques est le plus souvent réalisée dans la pratique par les entreprises du paysage. Il y a néanmoins deux exceptions notables : la reconstitution de sol des pistes de ski est réalisée autant par des entreprises de travaux agricoles que des entrepreneurs paysagistes et la végétalisation des CSD (Centre de Stockage des Déchets) pour laquelle aucun chantier, hormis des expérimentations, n'a pu être relevé dans cette étude.

L'état des pratiques a donc été approché à travers une enquête auprès des entreprises du paysage.

Ces pratiques concernent majoritairement des opérations d'aménagements récréatifs ou décoratifs qui n'ont pas d'autres objectifs environnementaux affichés (ou connus des entrepreneurs) que l'insertion paysagère en elle-même. Les doses d'emploi sont très variables d'une entreprise à l'autre. Cette variabilité, pour partie géographique, semble surtout liée au caractère plus ou moins urbain de l'activité de l'entreprise considérée ainsi qu'à la qualité plus ou moins mauvaise des terres végétales disponibles.

Les produits utilisés sont essentiellement des composts de déchets verts. La valeur fertilisante des composts est mal connue et parfois sous évaluée.

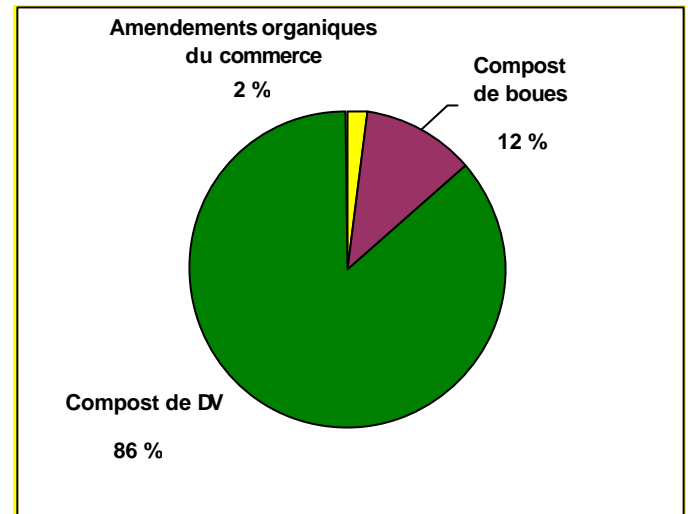
### Tendances évolutives

Les deux tiers des entrepreneurs pensent que l'utilisation de compost va se développer dans les années à venir. Le tiers restant pense que cette utilisation restera stable. Cette perception de l'évolution à la hausse du marché est plutôt le fait de ceux qui travaillent en milieu urbain. Un petit nombre d'entre eux se posent clairement en promoteur de cette utilisation, soit parce qu'ils sont producteurs de compost, soit parce que ces apports leur permettent de mieux valoriser leurs prestations en augmentant leur chiffre d'affaire et/ou en leur procurant un avantage concurrentiel.

L'utilisation de terre végétale amendée est manifestement en plein développement, un certain nombre de nouvelles installations produisant et commercialisant ce produit ont vu le jour récemment. Ce phénomène est très marqué géographiquement car il est lié au déficit plus ou moins important localement de terre végétale. On a pu constater cette évolution sur la région méditerranéenne, les agglomérations parisiennes et lyonnaises ainsi que plus ponctuellement à Strasbourg et Bordeaux. Cette méthode permet de répartir régulièrement le compost sur toute la profondeur remaniée, et c'est avec cette pratique que l'on constate les dosages les plus importants. Elle permet surtout une certaine industrialisation des pratiques en mécanisant toute la manipulation du compost.

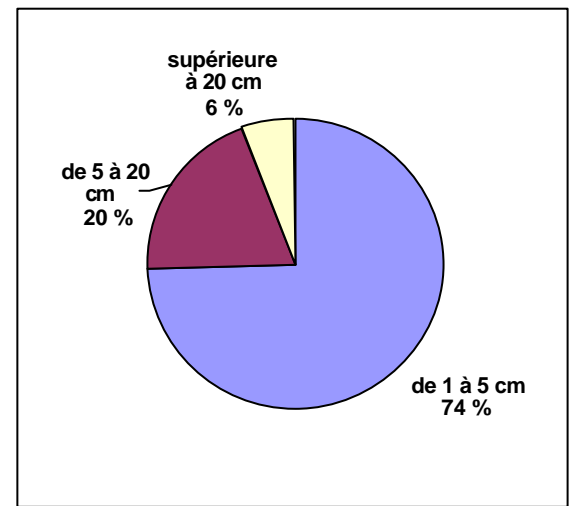
En observant plus précisément les opérations qui ont donné lieu à un épandage en plein et en écartant les opérations mettant en œuvre des doses inférieures à  $100 \text{ m}^3/\text{ha}$  (1 cm), on constate que l'utilisation du compost de déchets verts est quasi exclusive.

Figure 1 : Répartition du nombre d'opérations significatives par produit ( $> 100 \text{ m}^3/\text{ha}$ )



Les doses pratiquées pour les opérations utilisant des volumes significatifs sont le plus souvent comprises entre 1 cm et 5 cm (soit entre  $100 \text{ m}^3/\text{ha}$  et  $500 \text{ m}^3/\text{ha}$ ). Les doses plus importantes correspondent essentiellement à des opérations urbaines présentant un niveau d'exigences élevées quand à la nature, la rapidité de croissance, la pérennité et la sophistication du couvert végétal projeté.

Figure 2 : Répartition du nombre d'opérations significatives ( $> 100 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) par dose d'emploi



## Conclusions de l'étude

### Une forte contradiction

Si l'on compare les deux volets de cette étude on remarque qu'il y a des différences importantes entre les pratiques courantes en France et celles étudiées dans les références bibliographiques relatives à la

reconstitution de sols. Ces différences concernent d'une part les produits utilisés : Les boues brutes (c'est-à-dire non compostées) sont très étudiées et leur utilisation est quasi-inexistante aujourd'hui dans les pratiques courantes, les composts de déchets verts constituent l'essentiel des usages courants alors qu'ils ne sont que peu étudiés. Les doses mises en œuvre couramment sont comprises en 100 et 500 m<sup>3</sup>/ha (30 t à 150 t de MS/ha) et n'excèdent 1500 m<sup>3</sup>/ha (450 t/ha de MS) que dans des cas bien particuliers. Les doses étudiées dans la bibliographie spécifique à la reconstitution de sols se trouvent dans une plage de 60 t/ha de MS à 2300 t/ha de MS. Ceci s'explique par le fait que les expérimentations étudient logiquement des doses importantes de façon à se donner des chances d'extérioriser des effets et par le fait que les expérimentations sont parfois motivées par la sensibilité de certains produits (boues, compost d'ordures ménagères). Le résultat n'en est pas moins que le chantier-type de reconstitution de sol en France - un aménagement urbain où il sera apporté du compost de déchets verts à hauteur de 100 t/ha de MS - n'est que peu couvert par les références bibliographiques.

### Des raisonnements agronomiques succincts dans les pratiques courantes

Hormis les pistes de ski pour lesquelles les doses recommandées sont le fruit de véritables essais agronomiques, les raisonnements qui justifient les doses pratiquées semblent succincts. En effet, dans la pratique, on rencontre fréquemment le raisonnement suivant basé sur un objectif d'un taux de 3 % de matières organiques pour le sol reconstitué. Sans légitimer de façon générale et définitive cet objectif<sup>2</sup> voyons ce que cela recouvre :

- Si l'on admet que le sol doit être reconstitué sur 25 cm, le volume de terre à l'hectare représente 3750 tonnes (pour une densité de 1,5).
- Il faut donc que ces 3750 t de terre contiennent 112,5 t de matières organiques stables.
- Dans l'hypothèse extrême où la terre en place ne contiendrait pas du tout de matières organiques et si on admet un coefficient isohumique des matières organiques apportées par le produit (K<sub>1</sub>, souvent estimé par l'ISB<sup>3</sup>) de 0,5 il faudrait donc incorporer, au plus, 225 t de matières organiques sous forme de compost.

<sup>2</sup> Haddad cite quant à lui (PHM n° 479, avril 2006) une teneur de 2 % de M.O. (sur la matière sèche) au maximum parmi les critères à retenir pour une terre végétale (non reconstituée) dans un objectif de bonne reprise des végétaux.

<sup>3</sup> L'ISB, Indice de Stabilité Biochimique, est le résultat d'une équation calculée à partir de la composition du produit organique en classes biochimiques (lignines, celluloses, hémicelluloses, éléments solubles). Chacune des teneurs déterminées au laboratoire par une extraction, est affectée d'un coefficient basé sur un référentiel construit à partir d'une gamme de différents produits organiques, et incluant des données sur leur minéralisation. Ce référentiel est en cours de révision.

- Pour un compost qui contient 50 % de MO, il faudrait apporter 450 t/ha de MS de compost.
- Pour un taux de MS de 50 % on obtient 900 t/ha de produit brut soit pour un compost de déchets verts de 0,6 de densité, 1 500 m<sup>3</sup>/ha soit 15 cm.

Avec ce raisonnement on pourrait donc justifier jusqu'à 1 500 m<sup>3</sup>/ha en conditions limites c'est-à-dire avec un substrat à 0 % de matière organique (situation peu courante). Si le taux de MS et le taux de MO sont donnés couramment par les analyses, la mesure de l'ISB quant à elle n'est pas encore une pratique courante, mais elle deviendra systématique pour les unités produisant plus de 3 500 t/an de compost lorsque la nouvelle version de la norme NF U 44-051 sera rendue d'application obligatoire. On peut donc s'attendre au développement de cette approche de raisonnement des doses. Ce raisonnement comporte néanmoins une faiblesse : un objectif de 3 % de MO est élevé et il est critiquable si il n'est pas étayé par une justification supplémentaire (une faible CEC d'un substrat sableux par exemple). Il faut également rappeler que le taux de MO ne constitue une approche que très imparfaite du statut organique d'un sol, qu'il n'exprime ni le taux d'humus en tant que tel, ni l'activité biologique du sol qui dépend certes des quantités de matières organiques mais surtout de leur qualité. La quantité et la qualité des matières organiques d'un sol reconstitué « à l'équilibre » dépendront beaucoup de l'écosystème constitué par la couverture végétale, et de sa propre production de matières organiques.

De plus ce raisonnement suppose que la teneur en MO du substrat soit connue. Ce n'est pas souvent le cas dans la pratique, et lorsqu'il y a une analyse de la « terre » en place, sa représentativité n'est jamais garantie.

D'une façon plus générale les raisonnements qui, dans la pratique, sous tendent la reconstitution de sols avec ou sans apport de produits organiques mériteraient d'être plus élaborés d'un point de vue agronomique, la généralisation des mesures de l'ISB dans le cadre de la nouvelle norme NF U 44-051 devrait aider à y contribuer. Il serait également judicieux que le milieu soit mieux pris en compte lorsque celui-ci est fragile.

### Des données manquantes

D'une manière générale on manque de données sur le long terme pour tous les transferts cités, la bibliographie ne concernant la plupart du temps que les premiers mois de la reconstitution d'un sol, ou tout au plus les deux ou trois premières années. On manque aussi de données à plus court terme sur les produits les plus utilisés (notamment les composts de boues) et sur la relation entre la maturité des composts et leur capacité à fixer les ETM, ou au contraire à les libérer dans le sol s'ils sont liés aux matières organiques solubles de ces produits. **Enfin et surtout on manque de références établies avec les doses couramment employées.**