

Le comportement des espèces forestières dans les sols amendés avec de forts tonnages de boues d'épuration

par Marcel CADILLON, Lidia LANCAR et Jean-Claude LACASSIN *

Introduction

Les villes et les communes possédant des stations d'épuration des eaux usées se trouvent souvent confrontées au devenir des boues, sous-produits du traitement des effluents.

Dans le contexte méditerranéen, ces collectivités sont le plus souvent entourées de surfaces boisées qui sont chaque année soumises aux risques des incendies et qu'il faut reboiser régulièrement.

De ce concours de circonstances : production de boues, surfaces à reboiser, est née l'idée séduisante d'utiliser les boues pour amender et fertiliser un sol destiné à être planté avec des espèces forestières plus diversifiées, dans l'espoir d'obtenir une surface boisée moins sensible aux risques d'incendie.

Cette valorisation des boues pouvait constituer une solution plus facilement acceptée que l'utilisation en agriculture, moins négative qu'une mise en décharge et assurer ainsi un débouché important pour un sous produit encombrant et onéreux à éliminer sans nuisances.

Actuellement ce type d'opérations ne serait plus autorisé en raison des forts tonnages de boues utilisées.

Le tableau I présente :

- le type de boues,
- le tonnage employé,
- les espèces végétales testées.

* Société du Canal de Provence et d'aménagement du territoire
BP 100 - Le Tholonet
13603 Aix-en-Provence Cedex 1

Types de boues Expériences :	Tonnage	Espèces végétales
Ville de Marseille Plateau de la Mûre 1978-1982		
- boues biologiques digérées anaérobies	150 t/ha 300 t/ha	. aulne . charme houblon . chêne vert
- boues biologiques aérobies chaulées	150 t/ha 300 t/ha	. cyprès bleu . févier . olivier de Bohême . pin d'Alep . robinier
Ville de Cassis - Carpiagne 1984-1986		
- boues physico-chimiques primaires conditionnées (chlorure ferrique et chaux) déshydratées à 25 % de siccité.	150 t/ha 300 t/ha	. pin pignon . cyprès vert horizontalis
- boues physico-chimiques (1/3) compostées avec des ordures ménagères broyées (2/3).	300 t/ha	. cèdre de l'Atlas . cytise . olivier de Bohême
Sophia Antipolis Parc de Valbonne 1982-1984		
- boues physico-chimiques conditionnées avec de la chaux et un alginat.	100 t/ha	. cèdre . chêne blanc . chêne vert . eucalyptus (gannii) . arbre de judée . pin d'Alep . robinier pseudoacacia . mûrier (broussonetia) . tilleul argenté
Ville de Marseille (*) Carpiagne 1983-1985		
- boues conditionnées thermiques	100 t/ha 200 t/ha 400 t/ha	. cyprès vert . robinier . pin d'Alep

(*) suivi des plantations (CEMAGREF), évolution des sols (SCP)

Tabl. I : Présentation synthétique des expérimentations

Le tableau II présente les étapes de traitement différenciant les boues utilisées.

2 - Le comportement des espèces forestières

Le comportement des espèces forestières expérimentées a été apprécié essentiellement à partir des paramètres :

- taux de reprise ou de survie
 - taux de croissance
- par comparaison avec ceux de parcelles témoins.

Les éléments les plus significatifs de ces expérimentations peuvent être résumés dans les points suivants :

- **les taux de reprise** relevés sur les parcelles témoins sont toujours supérieurs à ceux obtenus sur les parcelles de boues.

- **les taux de croissance** dépendent essentiellement des espèces végétales testées.

Cf. Tab. III

- Les taux de reprise et de croissance paraissent globalement indépendants de la quantité et de la qualité de la boue utilisée.

- L'effet fertilisant se traduit par une meilleure croissance durant les trois/quatre premières années. Par la

suite, les différences avec les témoins peuvent s'estomper.

- Les amendements les plus riches (compost) favorisent la prolifération d'une végétation adventice qui est venue, dans le cas de l'expérimentation de Cassis, concurrencer les plantations forestières du point de vue alimentation en eau et ceci a entraîné une mortalité excessive des plants.

3 - Recherche de l'impact possible des boues sur les végétaux au travers du suivi de l'évolution des sols

L'apport de matière organique dans un sol devrait se traduire théoriquement par d'excellents ou à la limite de bons résultats forestiers ; même si les résultats apparaissent dans l'ensemble positifs pour bon nombre d'espèces, il

est intéressant en comparant les résultats analytiques sur les sols de rechercher les causes possibles de l'impact de l'épandage des boues sur la reprise et la croissance des végétaux.

Appellation de l'expérience	Stabilisation	Conditionnement	Déshydratation
Ville de Marseille 1			
- boues biologiques digérées anaérobies	- digestion anaérobie		- séchage sur lit,
- boues biologiques aérobies chaulées	- digestion aérobie	- Chaux	- séchage par filtration sous pression (filtre à bande presseuse)
Ville de Cassis			
- boues physico-chimiques primaires conditionnées (boues de coagulation)	- pas de digestion	- Chlorure ferrique et chaux	- centrifugation
Sophia Antipolis			
- boues physico-chimiques conditionnées avec de la chaux et un alginat.(boues de coagulation)	- pas de digestion	- Chaux et alginat	- séchage par filtration sous pression (filtre à presse)
Ville de Marseille 2			
- boues conditionnées thermiques	- anaérobie	- thermique (20 bars de pression 180 / 220°C de température 20/30 minutes de contact)	- séchage par filtration sous pression (filtre presse)

Tab. II : Les différents traitements des boues utilisées

Réactions	Marseille	Sophia	Cassis	Marseille
Très positive	févier robinier	robinier pin cèdre		
Positive	pin d'Alep cyprès	mûrier eucalyptus	cèdre cytise olivier de Bohême cyprès	pin d'Alep robinier cyprès
Indifférente	chêne vert olivier de Bohême	chêne vert chêne blanc		
Négative	aulne charme houblon	tilleul arbre de judée		

Tab. III : Les réactions des végétaux expérimentés

CYPRES D'ARIZONA



témoin - P9
(45 cm)



a = 150 t / ha - P4
(120 cm)

CYPRES D'ARIZONA



témoin - P2
(95 cm)



b = 300 t / ha - P1
(60 cm)

Les photos concernent les essais de La Mure, octobre 1980

Photos SCP

3.1 - Les modifications du pH

- dans un contexte de sols calcaires ou calciques

L'apport de boues biologiques ou chaulées a tendance à se traduire par une légère acidification du sol dans un premier temps, de l'ordre de 0,2 unité pH, suivie d'une remontée de pH durant la deuxième année jusqu'à plus de 8 ; cette augmentation paraît indépendante de la quantité de boues apportée (150 ou 300 t/ha) et de leur nature (biologiques ou chaulées). Le pouvoir tampon du sol joue et minimise, par exemple, les apports de 300 t/ha de boues chaulées à pH = 11 - 12.

Pour les boues conditionnées thermiques, à pH voisin de 6,0, les diminutions sont proportionnelles à la dose et ramènent, pour la plus forte dose, le pH de 7,9 à 7.

- dans un contexte de sols acides

L'apport de boues chaulées joue un rôle important en relevant le pH, en créant ainsi des meilleures conditions pédobiologiques.

3.1.1 L'évolution de la matière organique

Par tonne de matière sèche, une boue contient à peu près autant de matière organique qu'un fumier, mais sa nature est différente ; dans le fumier, elle est surtout constituée de lignine et de composés cellulosiques ; dans la boue : ce sont des corps microbiens et des produits de leur métabolisme et donc essentiellement des protéines.

La minéralisation de la matière organique et la mise à disposition d'azote pour la plante s'avèrent différents suivant les types de boues :

- Les boues digérées aérobies ou anaérobies présentent une fraction organique facilement minéralisable consommée très rapidement ; l'azote libéré peut être estimé sur une période de 2 ans aux deux tiers de l'apport et l'effet fertilisant se traduit par une croissance très rapide des végétaux.

- Les boues conditionnées chimiques ont par contre une biodégradation plus lente et régulière ; la minéralisation de l'azote est plus active 10 à 12 mois après l'épandage ; elle a alors un effet positif sur la croissance des végétaux. Globalement la quantité d'azote libérée est de 45 % sur deux ans.

- Les boues conditionnées thermiques ont une matière organique très stable, plus difficilement biodégradable ; l'azote minéral directement assimilable par la plante représente une part très faible de l'azote total et une déficience en cet élément paraît se manifester sur le comportement des végétaux les premières années. Par la suite l'augmentation en azote minéral semble résulter non d'une biodégradation de la boue, mais de celle des systèmes racinaires des graminées de la strate herbacée s'installant chaque année sur les parcelles et de façon d'autant plus abondante que le sol a reçu une forte dose d'amendement.

3.1.2 Le phosphore

De façon générale, les boues de station d'épuration sont riches en P_2O_5 total et en conséquence élèvent de façon très conséquente le niveau de fertilité du sol en cet élément.

Cependant, pour les boues chaulées, la chaux peut rendre inassimilable une grande partie de l'acide phosphorique.

3.1.3 Les déséquilibres magnésium / potassium

L'apport de boues enrichit le sol en magnésium échangeable, mais cet effet n'est pas immédiat et n'apparaît que la deuxième année. Généralement plus de la moitié du magnésium apporté est fixée sur le complexe adsorbant.

D'une façon générale, les boues sont pauvres en potasse et les sols amendés n'ont qu'une augmentation très légère de leur teneur en potassium échangeable ; les boues compostées avec des ordures ménagères ne présentent pas cette déficience.

La conséquence de ces enrichissements différentiels est qu'un déséqui-

CHARME HOUBLON (OSTRYA)



témoin - P2
(70 cm)



$\alpha = 300 \text{ t/ha}$ - P5
(35 cm)

OLIVIER DE BOHEME



témoin - P9
(55 cm)



$b = 300 \text{ t/ha}$ - P6
(135 cm)

FEVIER (GLEDITSCHIA)



témoin - P9
(35 cm)



$\alpha = 150 \text{ t/ha}$ - P7
(85 cm)

ROBINIER FAUX-ACACIA

témoin - P2
(75 cm)



$\alpha = 300 \text{ t/ha}$ - P5
(165 cm)

PIN D'ALEP

témoin - P9
(45 cm)



$\alpha = 300 \text{ t/ha}$ - P8
(95 cm)

libre théorique apparaît entre le potassium et le magnésium échangeables.

3.1.4 L'évolution de la réserve en eau utile du sol

L'importance de "l'eau utile d'un sol" est particulièrement déterminante pour le comportement des végétaux en région méditerranéenne ; ce paramètre représente l'eau disponible pour la plante ; il correspond à la différence des humidités mesurées à $pF = 3,0$ (capacité de rétention) et à $pF = 4,2$ (point de flétrissement).

A l'exception des boues conditionnées thermiques, le suivi des analyses

des différents pF met en évidence dans un premier temps, une diminution de la capacité de rétention en eau, suivi par la suite d'une augmentation certainement liée à une meilleure intégration de la fraction minérale et organique.

Dans le cas de boues conditionnées thermiques, la réserve en eau utile augmente proportionnellement à la quantité de boues incorporées ; l'eau stockée par hectare pour un sol de 40 cm serait la suivante :

Sol témoin	500 m ³ /ha
Dose de boues 100 t/ha	600 m ³ /ha
Dose 200 t/ha	660 m ³ /ha
Dose 400 t/ha	1 000 m ³ /ha

En conséquence les végétaux adap-

tés à la sécheresse peuvent passer dans de meilleures conditions la période estivale lorsqu'ils sont plantés sur des sols reconstitués avec des boues conditionnées thermiques ; en aucun cas, cette augmentation de la capacité de rétention en eau ne semble permettre l'introduction d'espèces végétales exigeantes en eau.

Conclusion

L'enfouissement d'un fort tonnage de boues organiques dans un sol apporte, dans un premier temps, une perturbation à l'écosystème pédobiologique original qui a pour conséquence, sur les plantations qui sont effectuées rapidement après l'épandage, un taux de reprise généralement inférieur à celui d'une parcelle témoin.

Ce phénomène paraît d'autant plus atténué que :

- la boue est bien intégrée au sol,
 - le tonnage incorporé est faible,
 - la boue est stabilisée
- soit, par voie biologique : digestion anaérobie ou aérobie, compostage, soit, par conditionnement chimique ou thermique,
- La plantation est différée dans le temps.

Bibliographie

- Ville de Marseille - Direction Générale des Services Techniques - Direction de l'Ecologie et des Espaces Verts . 1981 . Etude expérimentale sur l'utilisation des boues de stations d'épuration en sylviculture : 1^{ère} partie : essais en conteneurs et en cases lysimétriques (1978-1980) ; Rapport de synthèse. SCP, 59 p.
- Ville de Marseille - Direction Générale des Services Techniques - Direction de l'Ecologie et des Espaces Verts . 1981 . Expérimentation sur l'utilisation des déchets ménagers urbains pour la végétalisation du plateau de la Mure ; Rapport de synthèse. SCP, 58 p.

- Ville de Marseille - Direction Générale des Services Techniques - Direction de l'Ecologie et des Espaces Verts . 1982 . Etude expérimentale sur l'utilisation des boues de stations d'épuration en sylviculture : 2^{ème} partie : essais au plateau de la Mure (1979-1981) ; Rapport de synthèse. SCP, 103 p.
- Parc International d'Activités de Valbonne - Sophia Antipolis. 1983. Etude expérimentale sur l'utilisation des boues de la station d'épuration Les Bouillides : 1er rapport. SCP, 68 p.
- THOMANN, Ch. 1983. Etude expérimentale sur l'utilisation des boues résiduaires urbaines en sylviculture méditerranéenne. Communication présentée au Symposium d'Uppsala (Suède), 7-9 juin 1983, organisé par la CEE sur le thème : Traitement et utilisation des boues d'épuration, 11 p.
- Ville de Marseille - Direction Générale des Services Techniques - Direction de l'Ecologie et des Espaces Verts . 1983 . Etude expérimentale sur l'utilisation des boues de stations d'épuration en sylviculture : essais en cases lysimétriques (1978-1982) ; Rapport de synthèse. SCP, 54 p.
- Parc International d'Activités de Valbonne-Sophia-Antipolis. 1984 . Epandage des boues de la station d'épuration des Bouillides : Rapport de synthèse (1982 - 1983). SCP, 85 p.
- Ville de Marseille - Direction Générale des Services Techniques - Direction de la Station d'Epuration. 1985 . Suivi analytique des sols des parcelles expérimentales de Carpiagne : Utilisation en sylviculture des boues résiduaires urbaines conditionnées thermiques ; 2^{ème} rapport. SCP, 60 p.
- Agence de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse. 1985. Etude expérimentale de la valorisation des boues d'épuration physico-chimiques en sylviculture à Cassis (13) : essais en cases lysimétriques (1984-1985). SCP, 35p.
- CADILLON, M., TREMEA, L. 1985. Incidence sur les amendements organiques dans les sols en contexte karstique méditerranéen. Communication présentée au V^{ème} Colloque International sur les Eaux Souterraines, 17-21 novembre 1985, Taormina (Italie).
- Ville de Marseille - Direction Générale des Services Techniques - Direction de la Station d'Epuration. 1986 . Suivi analytique des sols des parcelles expérimentales de Carpiagne : Utilisation en sylviculture des boues résiduaires urbaines conditionnées thermiques ; 3^{ème} rapport. SCP, 48 p.
- Agence de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse. 1986 . Etude expérimentale de la valorisation des boues d'épuration physico-chimiques en sylviculture à Cassis (13) : Rapport de synthèse. SCP, 40 p.
- Agence de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse. 1986. Etude expérimentale de la valorisation des boues d'épuration physico-chimiques en sylviculture à Cassis (13) : Note complémentaire. SCP, 14 p.
- Ville de Marseille - Direction Générale des Services Techniques - Direction de l'Ecologie et des Espaces Verts. 1986. Plantations expérimentales du plateau de la Mûre : Bilan statistique du comportement des espèces végétales. VALLEIX, M., SCP, 100 p.
- Agence de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse. 1987 . Etude expérimentale de la valorisation des boues d'épuration physico-chimiques en sylviculture à Cassis (13) : Le comportement des espèces végétales. SCP, 14p.
- CADILLON, M., GRUEZ, J., FALCONNET, G. 1987 . Les plantations expérimentales sur le plateau de Carpiagne. Communication présentée au Symposium International sur la Protection du Milieu Marin, 4-6 novembre 1987, Marseille.