

Etude de cas : amender un sol forestier

Utilisation de composts d'ordures ménagères en reboisements méditerranéens

par Christian RIPERT *

Présentation générale

En 1979, 5 expérimentations ont été mises en place dans cinq départements du littoral méditerranéen avec pour objectif de tester l'utilisation de compost de déchets urbains lors de plantations forestières.

Ce programme était réalisé à la demande de l'Agence Nationale pour la Récupération et l'Élimination des Déchets (A.N.R.E.D.) et avec son financement.

Les essais :

- Aix-en-Provence (Bouches-du-Rhône), sur le plateau de l'Arbois ;
- St Gervais (Gard), Forêt Domaniale de Valbonne ;
- Aumes (Hérault), sur le plateau de Paredou ;
- Narbonne (Aude), dans le massif de Fontfroide ;
- Vingrau (Pyrénées orientales).

Ces essais ont tous été installés pendant l'hiver 1979-1980.

Ils ont été suivis pour la reprise et la croissance pendant 4 ans, de 1980 à 1983.

Depuis, certains de ces essais ont été détruits par des incendies excepté ceux de Aumes et de St Gervais qui ont fait l'objet de nouvelles mesures à l'occasion de Foresterranée 99.

Ces dernières observations qui bénéficient d'un recul de 19 ans apportent de nouvelles informations très intéressantes.

L'objectif de ces essais

était de répondre à des questions précises :

- qualité physique et biologique des composts à utiliser ;
- modalités d'apport et techniques d'épandage ;
- doses optimales à apporter ;
- effets sur la reprise et la croissance des plantations.

Les essais

Cf. Tab. I

Synthèse des résultats en 1984, après 4 ans de suivi

1. Mortalité

(Cf. fig 1 et 2)

L'effet du compost sur la mortalité, pour l'ensemble des essais, était soit nul soit supérieur au témoin, mais dans ce dernier cas avec des nuances d'appréciation que nous avons interprétées de la manière suivante :

La mortalité éventuelle due directement au compost s'exprime immédiatement, dès la première année. Elle est rare et plutôt violente ; elle met en cause la totalité de la plantation (Arbois, 1979). Mais elle est due alors à une mauvaise mise en œuvre du compost au cours de la plantation.

Si la mise en œuvre du compost est bien faite, celui-ci n'a pas d'effet directement néfaste sur la reprise, mais il peut accentuer l'effet défavorable d'un autre facteur tel que accident clima-

* Groupement d'Aix-en-Provence du Cemagref Le Tholonet, BP31, 13612 Aix-en-Provence Cedex 1

Tab. I-a : Arbois (alt 260 m) terrain plat, altérite calcaire dur de 30 à 40 cm sur banc calcaire compact

Dispositif	4 essences	3 doses t/ha	Ordre des travaux
Par blocs complets 4 répétitions	Cèdre Cypres Arizona Pin pignon Pin eldarica	témoin 125 (7 cm) 250 (14 cm)	Sous-solage Epandage du compost sur la ligne de sous-solage plantation immédiate

Qualité du compost (assez bonne) : produit fabriqué en silos tamisé à la maille de 25 mm, inertes et plastiques peu abondants (usine de Salon 40 km)

Tab. I-b : Vingrau (alt. 280 m) terrain plat, sol rouge très superficiel sur banc calcaire diaclasé

Dispositif	3 essences	4 doses t/ha	Ordre des travaux
Par blocs complets 4 répétitions	Cèdre Pin pignon Chêne blanc	témoin 100 (2 cm) 300 (6 cm) 700 (15 cm)	Epandage du compost sur la bande avant sous-solage Pas d'enfouissement Délai de plantation 4 mois

Qualité du compost (très bonne) : produit fabriqué en silos tamisé à la maille de 25 mm (usine Triga de Perpignan, 30 km)

Tab. I-c : Fontfroide (alt. 200 m) croupe sol assez profond sableux sur grès siliceux

Dispositif	4 essences	2 doses t/ha	Ordre des travaux
Par blocs complets 4 répétitions	Cèdre Cypres vert Chêne liège Frêne à fleurs	témoin 190 (soit 150 kg/plant)	Epandage du compost manuellement au pied des plants pas d'enfouissement

Qualité du compost (bonne) : compostage en andains bien conduit, inertes et plastiques peu abondants, tamisé à la maille de 25 mm (usine municipale de Béziers, 60 km)

Tab. I-d : Aumes (alt 50 m) plateau, sol rouge 30 cm sur banc calcaire bien diaclasé

Dispositif	4 essences	4 doses t/ha	Ordre des travaux
Par blocs complets 4 répétitions	Cèdre Pin pignon Cypres vert Sapin céphalonie	témoin 160 (3 cm) 320 (6 cm) 960 (18 cm)	épandage du compost sur la bande enfouissement au disque lourd Sous-solage Délai de plantation 5 mois

Qualité du compost (bonne) : compostage en andains bien conduit, inertes et plastiques peu abondants, tamisé à la maille de 25 mm (usine municipale de Béziers, 30 km)

Tab. I-e : St Gervais (alt 150 m), petite croupe, exposition nord, sol profond sur grès calcaire

Dispositif	4 essences	3 doses t/ha	Ordre des travaux
4 répétitions randomisées	Cèdre Sapin céphalonie Erable Sycomore Micocoulier	témoin 433 (10 cm) 866 (20 cm)	épandage du compost sur la bande sous-solage Pas d'enfouissement initial Mais enfouissement cultural d'entretien (cover-crop) Délai de plantation 7 mois

Qualité du compost (médiocre) : compostage en andains mal conduit et incomplet, inertes et plastique abondants, tamisage maille de 40 mm (Vanéjan, 9 km)

tique¹, accident de plantation (cèdre à Aumes), mauvaise qualité des plants (cypres à Aumes), essences inadaptées au site (chêne blanc à Vingrau, sapin à Aumes, érable à St Gervais), concurrence, etc...

2. Croissance

Il y a sur tous les essais un effet favorable du compost sur la croissance, avec cependant des différences très importantes sur l'intensité de cet effet, liées soit aux exigences écologiques des essences, soit à l'influence de facteurs stationnels.

Ce sont les essences les plus exigeantes qui valorisent au mieux le compost (+50 à +100%), mais souvent au prix d'une mortalité élevée, car, dans ces essais, elles ne sont pas bien adaptées aux conditions écologiques du site ou aux conditions techniques du reboisement.

La mortalité est quelquefois si forte que les résultats sur la croissance n'ont plus beaucoup de valeur : Chêne blanc à Vingrau + 65%, Sapin à Aumes > à 60 %, Erable et Micocoulier > à 50 % à St Gervais.

Les essences les plus frugales tel que Cèdre, Pin et Cypres, ont par contre une réponse plus modérée qui va de +25 à +70% suivant la dose mais avec une mortalité plus faible (oscillant suivant l'espèce et le site entre 10 et 30 %).

L'effet de la dose sur la croissance est également manifeste. Quelle que soit l'essence, plus la dose augmente meilleure est la croissance (voir figures 1 et 2 sur les gains en 1984).

L'effet du compost sur la croissance est également très dépendant des conditions expérimentales de chaque site : fertilité, différentes mise en

1 - Sur tous les sites la pluviométrie a fortement diminué au cours de la période de suivi, exemple sur Aumes : 1980 : 701 mm, (338 mars sept) 1982 : 459 mm, (164 mm de mars à sept) 1981 : 679 mm, (377 mars sept) 1983 : 459 mm, (169 mm de mars à sept) On peut citer aussi les dégâts dus aux gelées tardives sur les sapins sur ce même site.

œuvre du compost, accidents, entretien, etc...

- **Vingrau** : sol de garrigue très superficiel (affleurement rocheux), compost épandu en surface seulement, plantation très soignée et bon suivi ; a montré dès le départ un effet favorable du compost sur la croissance, proportionnel à la dose et qui s'est poursuivi jusqu'en 1983 de manière constante.

- **Aumes** : sol de garrigue plus profond, compost enfoui, les résultats de croissance sont les plus spectaculaires en 80 et 81.

En 82 et 83 l'effet devient par contre faible ou nul (voire négatif). Ce comportement paradoxal est probablement dû aux accidents successifs de cette plantation : mise en place des plants défectueuse, binages mal conduits, attaque des lapins aux collets des plants, sécheresse 82-83, gelées tardives, etc...

3. Qualités physique, chimique et biologique du compost

3.1- Granulométrie : l'aspect visuel du compost nous a montré une proportion importante de plastiques et d'inertes qui risquent de polluer le milieu naturel.

Aucun des composts utilisés dans ces essais ne nous ont vraiment satisfaits.

3.2- Composition chimique : les analyses fournies par les différents producteurs ne mentionnent aucun produit toxique ou autres métaux lourds. Elles ne font état que de l'aspect fertilisant du compost.

Nous n'avons décelé aucun symptôme de toxicité particulière sur les arbres plantés.

Nous n'avons pas fait faire de contre analyse du produit sortie d'usine.

Les analyses de sols, réalisées 2 ans après l'épandage, dans les 10 premiers centimètres de sol sous le compost montre :

- une diminution du pH ;
- une augmentation du taux de matière organique avec un C/N correct donc une nette amélioration de la qualité du sol ;

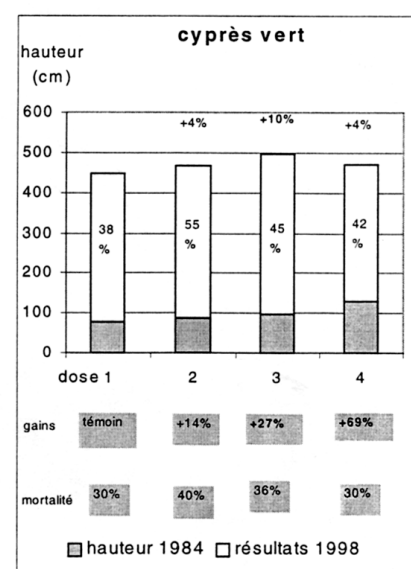
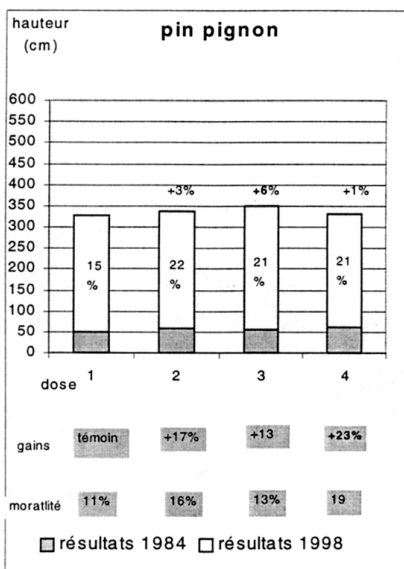
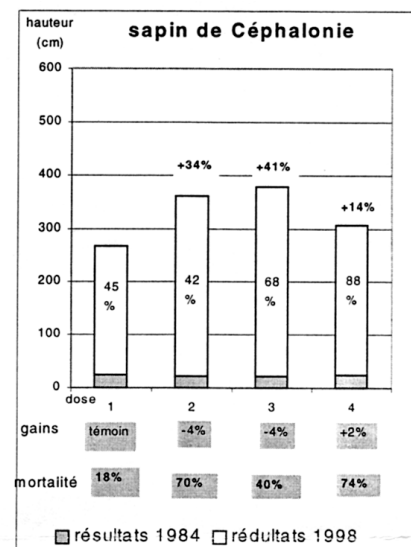
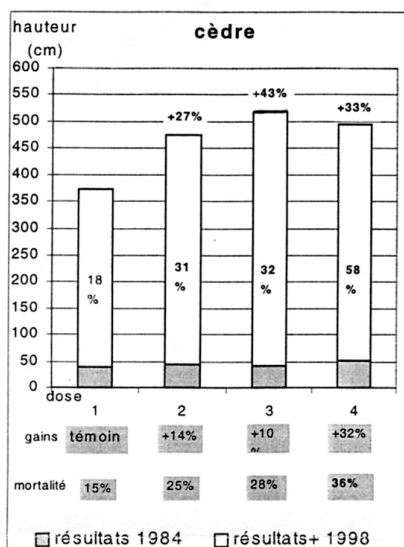


Fig. 1 : Présentation synthétique des résultats de l'essai de Aumes (34)
mortalité exprimée en % (valeur absolue)
gain de croissance en % du témoin

- une modification de la répartition de la charge cationique au profit de K, Mg et Ca, P étant pour sa part moins bien mobilisé ;

- mais aussi une libération d'azote qui se manifeste par une levée de plantes nitrophiles telle que les chénopodes et des graminées.

3.3- L'aspect biologique :

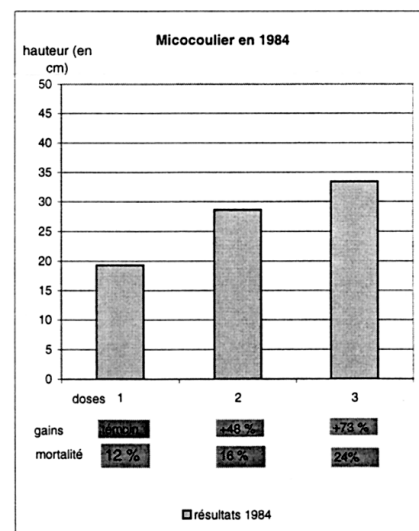
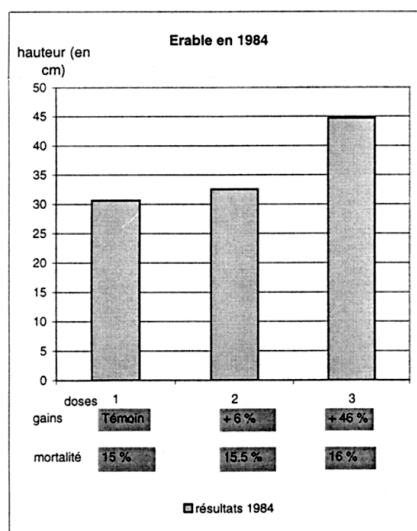
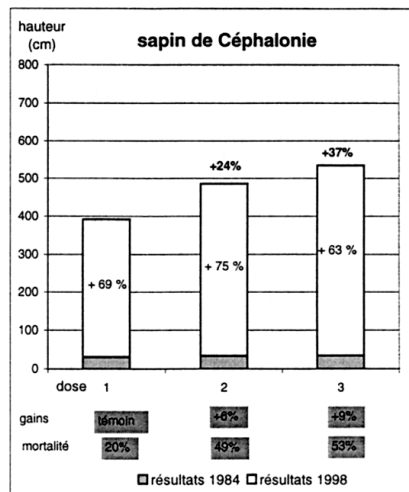
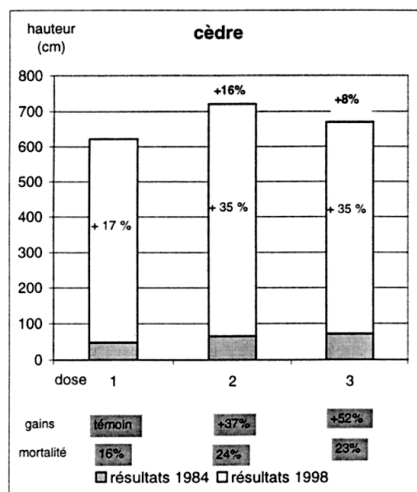
Pas ou peu de levée de plantes légumières, provenant de la consommation des ménages, dans les plantations. Ce qui laisse préjuger un processus de compostage correctement mené en ce

qui concerne la phase thermophile de la fermentation.

Par contre nous n'avons pas d'observation pertinente concernant l'évolution du compost dans le temps et son incorporation au sol car il nous manquait le recul nécessaire après seulement 4 ans d'expérimentation.

4. Modalité et technique d'épandage

L'épandage de compost doit être réalisé après la destruction éventuelle de la végétation existante et avant le



Pas de mesures en 1998 sur Erables et Micocouliers

Fig. 2 : Présentation synthétique des résultats de l'essai de St Gervais (34)
mortalité exprimée en % (valeur absolue)
gain de croissance en % du témoin

sous-solage qui écarte le compost de la ligne de plantation et permet d'installer le plant dans la terre fraîche.

Il faut donc programmer ces travaux d'épandage en même temps que ceux de préparation du terrain.

Il faut aussi :

- Respecter certains délais dans la mise en place du compost d'abord entre le dépôt et l'épandage (maturation) puis entre l'épandage et la plantation, comportant un épisode pluvieux abondant pour favoriser le lessivage des sels. On doit donc réaliser l'épandage avant les premières pluies d'automne et la plantation après.

- Epandre des doses fortes (500 à 1 000 t/ha) plus faciles à répartir de façon homogène.

- Epandre sur toute la largeur de la bande, pour avoir un effet de masse efficace, et non sur la ligne ou au pied des plants, modalités nettement moins efficaces. Lorsque les conditions de sol le permettent, l'enfouissement semble une solution à conseiller car elle favorise l'évolution du compost, l'humification et l'incorporation au sol. Cet enfouissement peut se faire à la plantation (Aumes) ou en entretien (St Gervais).

- Prévoir des entretiens mécaniques pour éliminer les adventices (qui augmentent la concurrence et les risques d'incendie) et qui permet d'aérer le compost tout en favorisant sa décomposition.

5. Coûts

Cf. Tab. II

L'utilisation de compost en reboisement revient approximativement à doubler le coût du reboisement (sachant que le compost lui-même est gratuit).

6. Conclusion

À l'issue de la période de suivi à court termes, ces essais nous semblaient répondre à l'essentiel des questions qui nous étaient posées.

Les résultats forestiers sont globalement positifs en ce qui concerne la reprise et la croissance, sous réserve toutefois de tenir compte des diverses remarques et restrictions concernant la conception et la réalisation du boisement. Cependant il faudrait rajouter quelques précisions concernant le choix de l'essence :

- celui-ci doit se faire sur les bases de l'analyse du milieu naturel sans escompter une augmentation de fertilité qui autoriserait des essences plus exigeantes que les conditions naturelles ne le permettent. En effet l'apport de compost peut certes améliorer les conditions de milieu, mais de manière temporaire et très superficiellement de toute façon,

- le compost ne modifie pas la fertilité réelle de la station conditionnée en premier lieu par des macro ou méso-facteurs notamment le climat sur lequel le compost n'a aucun effet sinon d'induire une légère compensation au niveau du bilan hydrique.

- de plus il faut se méfier de certains effets pervers car le compost peut perturber aussi les conditions de milieu : une cause de l'effet défavorable sur la croissance ou la mortalité provient des dégâts de gelées tardives occasionnées sur certaines essences (sapins, cèdre par ex.). Le compost réchauffe en effet le substrat et fait démarrer certaines espèces plus tôt en saison.

Concernant les modalités d'apport et techniques d'épandage :

On a vu qu'il fallait notamment respecter certaines règles et un calendrier dans la mise en œuvre et disposer de sites bien choisis et entièrement mécanisables.

Pour la qualité physique et biologique des composts à utiliser, le problème majeur concernait la propreté du matériau (plastiques et inertes) et l'évolution des matières organiques dans le temps (pour lequel nous n'avions pas eu le recul nécessaire).

Concernant la dose optimale à apporter :

On avait tiré la conclusion que les fortes doses donnaient les meilleurs résultats et qu'a priori on pouvait probablement les augmenter sous réserve que cela reste compatible avec les contraintes de la réalisation d'un boisement.

En 1984 on est bien conscient de la trop grande brièveté du délai de réponse pour se prononcer sur l'intérêt d'utiliser des composts en reboisement. De plus le surcoût qu'ils occasionnent est loin d'être négligeable et laisse déjà entrevoir que de telles réalisations ne peuvent concerner que des objectifs de reconstitution particulière et des sites bien choisis, et surtout qu'elles ne peuvent s'envisager qu'avec une participation financière importante des producteurs de déchets.

Observations, 20 ans après

Fin 1998, il ne reste plus que 2 essais, Aumes et St Gervais, sur lesquels des comptages et des mesures ont été réalisés en mars 1999.

Mortalité

Sur Aumes l'effet du compost sur la survie se révèle défavorable, voire très défavorable suivant l'essence. Il y a, de plus, un effet dose important sur cèdre et sapin.

A St Gervais, sur les essences les moins adaptées (érable, micocoulier,

Sites	Chargement F/ha	Transport F/ha	Epandage F/ha	Enfouissement F/ha	Total F/ha	Plantation F/ha
Arbois 200t/ha		7000	6000		13000	13000
Aumes 400t/ha		7800	1725 (3)	2000	11525	14760
Fontfroide 300t/ha		13000 (1)	19576 (4)		32576	27650
St Gervais 470t/ha		11280 (2)	3659		14939	12101
Vingrau 370t/ha	1850	6290	3700		11840	9606

Chargement Rappelons que le compost est gratuit, seul le chargement nous a été facturé à Perpignan.

Transport (1) La distance entre la station de traitement des ordures et le site est de 60 km. (2) Contraint de traverser un village, le transporteur a utilisé un camion de faible volume, ce qui a augmenté le prix.

Epandage (3) Terrain plat, épandage au chargeur à roues, le coût est faible. (4) Parcelle inaccessible aux tracteurs, épandage manuel, d'où un coût élevé.

Tab. II : Coûts estimatifs pour les travaux (par ha en FF 1979 non actualisé).

sapin), on constate le même phénomène, alors que les cèdres, mieux adaptés à la station, ne montrent pas cette importante mortalité.

Croissance

Sur Aumes l'effet du compost sur la croissance s'est poursuivi mais les résultats les plus performants, quelle que soit l'essence, ne s'enregistrent plus en dose 4 mais en dose 3, (dose moyenne) ; différence notable avec les observations de 1984 où la dose 4 était la meilleure (on observe le même phénomène à St Gervais sur le cèdre).

Les meilleurs résultats (dose 3) selon l'essence se confirment aussi (Cf. Tab. III).

Compte tenu des pertes enregistrées sur certaines de ces essences on peut se demander si l'utilisation de compost est réellement une opération intéressante.

L'essence qui reste dans des limites de mortalité normale est le pin pignon mais le gain de croissance n'est que de 6%.

Seul le cèdre accuse un gain consé-

quent avec une mortalité acceptable.

Pour le reste le bilan n'est pas convaincant.

Pour Saint Gervais Voir Tab. III-b

Bilan global : Il est assez difficile de tirer des conclusions définitives de ces 2 essais compte tenu des inconnues relatives à l'historique entre 1984 et 1998 : suivi, entretiens et surtout évolution de la mortalité.

Au vu des résultats bruts dont on dispose, il semblerait que pour les essences les mieux adaptées aux sites, les gains de croissance induits par l'apport de compost sont plutôt faibles à modérés avec un taux de mortalité normal.

Lorsque il y a une mauvaise adaptation aux sites, les gains de croissance augmentent mais au prix d'une forte mortalité qui annule l'intérêt de l'expérience.

Il y a donc, peut-être, un compromis à trouver entre une essence qui soit à la fois assez bien adaptée au site et qui valorise au mieux l'apport de compost. Sur ces deux essais c'est peut-être le cèdre qui répond au mieux à ces contraintes.

Essences	Gain de croissance	Mortalité dose 3	Mortalité Témoin	Adaptation au site
Pin pignon	+ 6 %	21 %	15 %	moyenne
Cypres vert	+ 10 %	45 %	38 %	moyenne
Cèdre	+ 43 %	32 %	18 %	limite
Sapin Céphalonie	+ 41 %	68 %	45 %	non

Tab. III a : Aumes

Essences	Gain de croissance	Mortalité dose 3	Mortalité Témoin	Adaptation au site
Cèdre	+ 16 % (dose moyenne)	35 %	17 %	Assez bonne
Sapin Céphalonie	+ 37 % (dose forte)	63 %	69 %	limite
Erable sycomore	non mesuré	80 %	80 %	non
Micocoulier	non mesuré	80 %	80 %	non

Tab. III b : Saint Gervais

Sur l'évolution du compost et son incorporation au sol

Sur l'essai de Aumes

Le compost a été enfoui par un passage de cover-crop lourd (retourné non mélangé).

Dans la forte dose il n'a pas évolué

ni pour la fraction qui est restée en surface ni pour la fraction qui a été retournée.

Pour les doses faibles et moyennes par contre il s'est assez bien minéralisé mais il reste tous les plastiques et les différents inerts qui polluent le sol visuellement.

Pour la recherche d'une dose optimale, si on considère les résultats en croissance elle se situe plutôt aux alentours de 400 à 500 t/ha que de 1000 t/ha.



Photo 1 : L'épandage de compost d'ordures ménagères pose des problèmes d'image en raison des débris de plastiques et de verre qui ne sont pas biodégradables. Toutefois, aujourd'hui, le tri sélectif et les nouvelles techniques de compostage permettent d'obtenir des composts de meilleure qualité (Aumes).

Photo N.K.

Sur l'essai de St Gervais

Le compost n'a été enfoui et mélangé au sol qu'à partir de 1982.

Les deux premières années 80, 81 n'ont pas bénéficié d'entretien et il y avait une très forte concurrence de la végétation adventice. L'effet du compost sur la mortalité a été importante et à peine positif sur la croissance pendant ces années là.

En 82 et 83 il y a eu, fin juin, un passage de cover-crop dans toutes les doses y compris témoin entre les lignes de plantation qui a permis d'éliminer la végétation adventice (notamment les ronces) et d'enfouir le compost.

La croissance des arbres s'en est immédiatement ressenti avec un effet dose bien marqué ; + 140% pour le cèdre et + 50 % pour le sapin, en dose forte.

L'opération ayant été répétée pendant plusieurs années, le compost a été bien aéré et mélangé au sol, ce qui lui a permis de se décomposer.

A l'heure actuelle, il y a une assez bonne humification du compost quelle que soit la dose avec constitution d'un horizon humifère superficiel (A1) qui recouvre un horizon d'une quinzaine



Photo 2 : Vue d'une fosse peu profonde montrant la faible migration du compost dans le profil. Vingt ans après l'apport, le compost est resté dans les dix premiers cm du sol (Aumes).

Photo N.K.

de cm où la matière organique a migrée (A2).

Reste évidemment les plastiques et les inertes qui constituent toujours une pollution visuelle au sol.

Conclusion générale

L'apport de compost en reboisement est certainement envisageable mais sous certaines conditions car cela ne représente pas seulement une opération simple et localisée d'amélioration des techniques de reboisement.

C'est une mesure plus complexe, d'intensification de la production qui a des interactions sur les autres maillons de la chaîne que constitue la réalisation d'un reboisement, depuis le choix du site jusqu'aux entretiens, en passant par le choix d'essence et la programmation des opérations.

La remarque est valable quel que soit l'objectif : production ou élimination de déchets car il faut dans les deux cas constituer un boisement très rationnel et facilement gérable.

Quant à la qualité du compost et à son évolution, la problématique nous amène aux mêmes conclusions : rechercher une matière plus propre, mieux élaborée et exempte de tous produits toxiques, mettre en œuvre un suivi et un entretien cultural in-situ plus intensif car il s'agit bien là d'une véritable ligniculture.

On peut regretter aussi le manque de diversité écologique de ces essais : diversité climatique et diversité des substrats, en particulier sur roches cristallines (gneiss, micaschiste ou granite) qui génèrent des sols plus pauvres que les sols calcaires et sur lesquels l'apport de compost aurait pu, peut-être, donner d'autres résultats et constituer une référence supplémentaire.



Photos 3a et 3b : Aumes : Comparaison de deux parcelles de cèdres :
Photo du haut : parcelle témoin
Photo du bas : parcelle ayant reçu un apport de 320 t/ha de compost (dose 3)
Le gain de ces arbres est de 43 % en 1998, c'est-à-dire 20 ans après l'implantation de l'expérimentation

Photos N.K.