



Direction Régionale de l'Environnement
PAYS-DE-LA-LOIRE



Gestion des déchets de Jussie par le compostage

Rédacteur

Johann Debril^{1,2}

Sous la direction de

Roland Matrat¹ & Jacques Haury²

Août 2005

¹ DIREN des Pays de la Loire, 3 rue Menou, BP 61219 44012 Nantes

² UMR INRA Agrocampus EQHC, 65 rue de Saint Briec, 35 042 Rennes

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Roland MATRAT et Jacques HAURY pour m'avoir fait confiance dans la réalisation de cette courte étude mais néanmoins importante dans le cadre de la gestion de la Jussie en France.

J'exprime aussi ma reconnaissance à l'ensemble des personnes qui ont accepté de me consacrer du temps et de répondre à mes questions, en particulier :

- Alain GENILLON du Conseil général du Maine et Loire ;
- Jérôme JEGOUX du Conseil général des Landes ;
- Alain MARCHEGAY du Conseil général de la Charente ;
- Michel NERON de la subdivision Hydro du Conseil Général de la Charente ;
- Pascal MALLARD et Amaury DE GUARDIA du Cemagref de Rennes ;
- Guillaume ROCHER de la Communauté d'Agglomération Saumur Loire Développement ;
- Jean Patrice DAMIEN du Parc Naturel Régional de Brière ;
- Loïc ANRAS du Forum des Marais Atlantiques ;
- Jean-Luc MAISONNEUVE et Cédric BARGUIL du Syndicat mixte EDEN ;
- Nicolas CHATARD de la Fédération de pêche 49 ;
- Gilles CHOURRE et Nicolas PIPET de l'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise ;
- M. GERBIER et Ivan SACHET de Loire Compost Environnement.

Sommaire

<i>Remerciements</i>	<i>1</i>
<i>Introduction</i>	<i>3</i>
<i>Revue bibliographique du compostage</i>	<i>4</i>
1 Définition et objectifs	4
2 Conditions préalables	4
3 Les étapes	5
4 Les différentes techniques	7
5 Valorisation du compost	7
6 Les sous-produits du compostage	8
7 Réglementation	8
8 Conception d'une plate forme	10
<i>Le compostage des déchets de Jussie</i>	<i>13</i>
1 Nature du gisement de Jussie	13
2 Possibilité de traitement	14
3 Gestion des risques	21
4 Le gisement des co-produits de compostage	23
5 Protocoles d'étude du compostage de la Jussie	23
6 Recommandations et minimisation des risques	26
<i>Conclusion</i>	<i>28</i>
<i>Bibliographie</i>	<i>29</i>
<i>Liste des contacts</i>	<i>32</i>

Introduction

Les Jussies sont des plantes exotiques envahissantes originaires d'Amérique du Sud. Depuis quelques années, une gestion s'organise pour limiter son expansion, son éradication étant devenue impossible. Ainsi, la colonisation de nouveaux écosystèmes aquatiques est contenue par des campagnes d'arrachage renouvelées chaque année. Les très nombreux déchets issus de ces arrachages représentent un risque de recolonisation puisque chaque rameau peut être à l'origine d'une nouvelle plante. Le devenir de ces déchets pose donc un problème majeur aux gestionnaires des milieux aquatiques envahis.

Plusieurs méthodes d'élimination des déchets de Jussie ont été testées. Les plus retenues actuellement sont : le compostage (Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise, Syndicat mixte Eden, Conseil Général des Landes, Conseil Général du Maine et Loire, gestionnaires du Parc Naturel Régional de Brière), le stockage proche du lieu de récolte (gestionnaires du Parc de Brière), l'accueil en centres d'enfouissement technique (gestionnaires du Parc de Brière, Conseil Général du Maine et Loire), l'incinération (Agglomération de Saumur Loire Développement, Conseil général de la Charente) ou l'épandage (Conseil Général des Landes sur sol forestier, Conseil Général du Maine et Loire sur résidus de chaumes, essais de la Chambre d'Agriculture 44 pour le Syndicat du Don). Ces méthodes peuvent être coûteuses (90 € la tonne pour l'enfouissement technique ou l'incinération), non écologiques (mise en décharge d'un produit organique recyclable, ce qui est en principe interdit et le sera de fait très prochainement) et participer à la dispersion de la plante si aucun suivi n'est réalisé.

Il existe bien une réelle attente de la part des gestionnaires quant à la "standardisation" de méthodes propres, écologiques, peu coûteuses et assurant la destruction définitive des déchets arrachés. Le compostage pourrait être une méthode simple et efficace pour le traitement des déchets de Jussie. La méthode est peu onéreuse (possibilité de développement d'une filière locale limitant le coût de transport, coût de traitement de 30 € la tonne environ) et propre (recyclage de la matière organique, limitation du déplacement de déchets à risque).

Ce rapport doit permettre de disposer d'un état des connaissances sur i) la faisabilité et ii) les risques du compostage des déchets de Jussie.

Revue bibliographique du compostage

Cette revue bibliographique est principalement inspirée des documents suivants : Mustin (1987), ADEME (1999), Centre National du Recyclage (2000), Deloraine *et al.* (2002), Noël *et al.* (2002 a&b). L'utilisation ponctuelle d'autres références est précisée dans le texte.

Elle a pour objectif de fournir les bases techniques, réglementaires et financières du compostage.

1 Définition et objectifs

Le compostage est un processus biologique qui facilite et accélère l'oxydation de la matière organique par fermentation aérobie. Il s'accompagne de dégagement d'eau, de dioxyde de carbone et de chaleur. Il aboutit, s'il est bien mené, à la formation d'un résidu sec, désodorisé, hygiénisé (destruction des micro-organismes pathogènes) et stabilisé appelé compost (matière organique complexe et humifiable).

La fermentation aérobie s'effectue sous l'action d'enzymes sécrétées par des microorganismes qui préexistent dans les déchets. Ils se mettent spontanément et rapidement en activité dès que les conditions le permettent. Les déchets organiques fermentescibles contiennent en proportions très variables et sous des formes plus ou moins accessibles aux microorganismes des produits simples et facilement fermentescibles (sucres, amidon, graisses, protéines, etc.) et d'autres dont la décomposition biologique est beaucoup plus lente (hémicellulose, cellulose, lignine, etc.).

Le compostage doit répondre à deux types d'objectifs : i) un traitement par dégradation des matières fermentescibles permettant de stabiliser les déchets, conduisant à une réduction des quantités (perte de matière sèche de l'ordre de 40%) et s'accompagnant d'une maîtrise des odeurs et des nuisances et ii) une production d'amendement organique ou d'un support de culture de qualité, répondant à la réglementation et aux besoins des utilisateurs.

2 Conditions préalables

Les principaux paramètres de contrôle du compostage sont ceux qui influencent les conditions de vie des micro-organismes, à savoir : le taux d'oxygène lacunaire, l'humidité, la température et les caractéristiques physico-chimiques initiales des matériaux mis en compostage.

➤ **Le taux d'oxygène lacunaire** ou le pourcentage d'oxygène dans l'air des «vides » : il joue un rôle primordial dans le compostage aérobie des déchets car il est nécessaire à l'oxydation de la matière organique. Il est en relation directe avec la granulométrie et l'aération du substrat à composter. Les besoins en O₂ sont très importants dans la phase initiale de fermentation du déchet puis diminuent rapidement au cours du temps. Le maintien de bonnes conditions d'aération du compost permet d'éviter les phénomènes de fermentation anaérobie avec production de composés malodorants.

➤ **Teneur en eau** : ce paramètre est important pour le développement de la flore microbienne au sein du compost. Dans les conditions optimales, la teneur en eau doit avoisiner **60%**. Cependant, un déchet trop humide sera difficilement compostable car favorable à l'installation de conditions d'anaérobiose. Les quantités d'eau formées par la réaction d'oxydation de la

matière sont négligeables en regard des quantités d'eau évaporées par le dégagement de chaleur. Ainsi, pour pallier la diminution de la teneur en eau, il peut être nécessaire d'arroser les matériaux en cours de compostage.

➤ **Physico-chimie du substrat** : la qualité d'un déchet en terme d'aptitude au compostage est évaluée par la mesure de deux paramètres :

- la teneur en matière organique totale et le **rapport carbone sur azote (C/N)** : la consommation de carbone organique par les micro-organismes pendant le compostage est 15 à 30 fois plus importante que les consommations d'azote. Il est admis que le bon rapport **C/N de départ est de 30-35**, alors que le produit final aura un ratio <15. Un rapport inférieur à 30 avant le compostage peut avoir pour conséquence une perte d'azote s'accompagnant de nuisances olfactives.
- le **pH** (équilibre acide/base) : il influe sur le processus de compostage par l'intermédiaire des conditions de développement des micro-organismes de la fermentation. L'optimum se situe **entre 6 et 8**.

3 Les étapes

Plusieurs étapes sont distinguées dans le processus du compostage. Une première phase correspond à la réception avec un stockage sur une courte durée des matières premières. Elle est suivie d'une phase de préparation des produits ou de prétraitements qui permet d'obtenir une composition optimale pour les transformations biologiques. Après ces prétraitements démarre le compostage avec une phase de fermentation intensive (très thermogène) au cours de laquelle la matière organique est dégradée et recombinaison. A cette phase de fermentation succède une phase de maturation qui peut être précédée d'un affinage ou d'un criblage permettant d'atteindre la granulométrie souhaitée en fonction de l'utilisation prévue du compost. Le compost peut ensuite être mélangé à d'autres produits et conditionné à des fins d'utilisation commerciale.

➤ **La réception des déchets** : cette première étape doit permettre le suivi des déchets réceptionnés sur l'installation. Elle prend en compte une analyse complète des intrants : quantité, nature des déchets (rapport C/N, teneur en eau, ...) et contrôle de la qualité (absence d'impuretés, notamment des résidus de plastique ou des gravats).

➤ **Le stockage des déchets** : le stockage de déchets verts humides et hautement fermentescibles (C/N faible) peut conduire à un dégagement de mauvaises odeurs (fermentation anaérobie avec production de composés malodorants). Il est préconisé de les intégrer rapidement à la chaîne de compostage (sous les 24 h après réception). Par contre, certains déchets tels que les déchets ligneux peu fermentescibles peuvent être stockés plusieurs mois. Le stockage de ces déchets peut être nécessaire pour les utiliser comme structurants en mélange avec les déchets plus fermentescibles difficiles à stocker.

➤ **Mélange, homogénéisation** : certains déchets ne sont pas aptes à être compostés seuls, notamment les déchets trop humides ou contenant des matières organiques hautement fermentescibles, comme les tontes de gazon fraîches par exemple. Par contre, ces produits sont intéressants en mélange car ils fournissent les conditions optimales pour la fermentation, permettant ainsi l'amorçage du compostage sans arrosage préalable d'un produit sec comme les déchets verts stockés par exemple.

➤ **Le broyage** : l'objectif du broyage est de fragmenter les déchets afin de faciliter leur attaque par les microorganismes et/ou de leur conférer une granulométrie adaptée pour jouer un rôle de structurant. La diminution de la taille des particules augmente la surface de contact entre la matière organique et les micro-organismes, accélérant la phase de fermentation.

➤ **La phase de fermentation active** : il s'agit de la phase de dégradation intense des matières organiques avec une consommation élevée en oxygène. Durant cette phase, des apports d'oxygène doivent être maintenus, soit par des retournements mécaniques, soit par un système de ventilation forcée. Le manque d'oxygène conduira à une anaérobiose et un dégagement de mauvaises odeurs. Un arrosage est souvent nécessaire pour maintenir une humidité suffisante. Dans cette étape du compostage, seuls les micro-organismes (bactéries et champignons) sont actifs. Elle comprend les phases mésophile, thermophile et phase de refroidissement. La **phase mésophile** correspond à la montée en température du compost résultant de l'activité microbienne : l'énergie présente dans les combinaisons organiques est transformée en chaleur lors de l'oxydation partielle de la matière organique. L'inertie thermique forte du tas de compost a pour conséquence une montée de la température par accumulation de chaleur. La **phase thermophile** démarre pour des températures supérieures à 35 °C jusqu'à l'obtention de la température maximale de compostage qui peut atteindre plus de 65 °C au cœur de l'andain. Au cours de cette phase, il est admis que les germes pathogènes et les graines adventices éventuellement présents sont neutralisés : c'est "l'hygiénisation" du compost. Enfin, la température du compost redescend progressivement (**phase de refroidissement**).

➤ **Maturation et stabilisation du compost** : en dessous de 30 °C, l'activité des micro-organismes est complétée par celle des organismes de plus grande taille : vers de compost, acariens, collemboles, cloportes, coléoptères, mille-pattes, etc. C'est la maturation du compost. Alors que les micro-organismes poursuivent la transformation des déchets, les macro-organismes décomposent la matière à l'aide de leur appareil digestif. Le matériau est réduit en fines particules qui sont digérées et excrétées. Durant la phase de maturation, les matières dégradées sont en partie recomposées pour former des substances humiques ou pré humiques. La consommation d'oxygène est alors réduite. Le compost est dit mûr à l'issue de cette phase, c'est-à-dire qu'il ne présente plus de phytotoxicité et qu'il est considéré comme un produit stabilisé. Pour les déchets verts, la durée de cette phase est de 3 à 4 mois. Le compost peut être considéré comme mature quand il :

- ne s'échauffe plus lors du retournement,
- ne repart pas en anaérobiose au cours du stockage,
- n'immobilise pas d'azote lorsqu'il est incorporé dans un sol,
- n'est pas phytotoxique.

➤ **Le criblage et le stockage du produit fini** : le criblage permet d'obtenir la granulométrie demandée par l'utilisateur. Les refus de criblage peuvent être réutilisés suivant leur qualité comme agent structurant sur la plate forme de compostage. A défaut, ils sont soit incinérés, soit éliminés en décharge.

4 Les différentes techniques

Il existe de nombreuses techniques de compostage. Pour les déchets verts, le compostage en andain est généralement retenu. Deux techniques de compostage en andain vont se décliner selon le mode d'aération/oxygénation de la matière en compostage. L'aération peut être soit obtenue naturellement à la faveur de son retournement, soit forcée. De l'air est alors insufflé ou aspiré. La fermentation pour les déchets verts est théoriquement de 4 à 6 semaines avec ventilation et de 3 mois avec retournements mécaniques.

➤ **Compostage en andains retournés et aération naturelle** : le retournement des andains se fait de façon régulière (hebdomadaire) pour assurer l'aération de la matière.

➤ **Compostage avec aération forcée** : la ventilation forcée est assurée par un réseau de drains sous les matières à traiter qui aspirent ou insufflent de l'air. L'aération forcée est recommandée pour les matières très fermentescibles et présentant un fort taux d'humidité. La ventilation présente l'avantage d'accélérer le processus de compostage et de limiter les retournements. Au cours de la phase thermophile, odorante, l'air des andains peut être aspiré (même à ciel ouvert), et les odeurs neutralisées par passage à travers des bio filtres ou à travers un tas de compost mature.

Le retournement combiné à l'aération forcée permet une meilleure homogénéité du compost et limite le développement de zones anaérobies et/ou non hygiénisées. Un arrosage hebdomadaire peut être assuré les premières semaines afin de maintenir un taux d'humidité optimum de 55 à 60%.

5 Valorisation du compost

Le compost est riche en humus et éléments minéraux (N, P, K) et est donc adapté pour améliorer le fonctionnement biologique et la structure d'un sol. Les principales voies d'utilisation du compost sont :

- l'utilisation en agriculture (grandes cultures, cultures légumières, et fruitières) comme amendement organique,
- l'utilisation en horticulture ou en jardin amateur en entrant de façon minoritaire dans la formulation de certains supports de culture (terreaux) ou amendements organiques commerciaux,
- l'utilisation en reconstitution du sol ou revégétalisation pour espaces verts ou sites dégradés,
- l'utilisation en mélange avec d'autres produits pour la fabrication d'engrais organo-minéraux.

La qualité d'un compost utilisé en tant qu'amendement organique peut être évaluée par ses propriétés physico-chimiques et agronomiques et par son innocuité pour l'environnement. La granulométrie du produit final joue aussi sur la commercialisation du produit.

L'existence de débouchés suffisants pour le compost est une contrainte majeure, d'autant plus forte que la taille de l'installation est importante. Afin de s'assurer des débouchés pour le compost, les collectivités ont tout intérêt à définir, avant de lancer leur projet, un cahier des charges sur la qualité des déchets entrants et du compost à obtenir en concertation avec les

acteurs de la filière de valorisation et en particulier les prescripteurs (Chambres d'Agriculture, industries agroalimentaires,...) et les utilisateurs (syndicats agricoles, formulateurs, jardinerie, ...).

6 Les sous-produits du compostage

Hormis le compost qui est le produit fini commercialisé, deux sous-produits sont générés par le compostage.

➤ **Les refus de compostage** : les refus de compostage sont, d'une part, les impuretés triées en amont à l'arrivée des déchets (généralement moins de 1% pour les déchets verts collectés avec soin) et, d'autre part, les refus de criblage (1 à 6% du tonnage de déchets entrants pour les déchets verts). Les refus de criblage sont en général réintroduits en tête de compostage en tant qu'agents structurants.

➤ **Les déchets liquides** : les effluents de l'installation comprennent les eaux de ruissellement et les jus produits par les andains en compostage (lixiviat). Ils doivent être collectés dans des bassins prévus à cet effet et être de préférence recyclés dans l'installation pour l'arrosage des andains, ou épandus ou bien éliminés comme déchets. Il faut souligner que tous les processus de compostage n'induisent pas la même production de sous-produits liquides. Ainsi, la base d'une pile de compost en aération forcée par plancher drainant peut très bien être sèche et ne pas générer de lixiviat. L'utilisation d'aire bétonnée, ou d'enrobé imperméabilisant permet de récolter ces effluents.

7 Réglementation

7.1 Pour les installations

Les installations de compostage de déchets sont des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) soumises à la loi 76-663 du 19 juillet 1976 (site web sur la Loi n° 76-663 du 19 juillet 1976) et à l'article 158 du Règlement Sanitaire Départemental (site web du Règlement Sanitaire Départemental) relatif au "dépôts de matières fermentescibles destinées à la fertilisation des sols". Dans le cadre de la loi 76-663, trois rubriques sont concernées :

➤ **Rubrique 322 b3 et 367** (selon les cas de figure) : "Traitement des ordures ménagères et autres résidus urbains". Cette rubrique concerne la Fraction Fermentescible des Ordures Ménagères (FFOM), les boues de station d'épuration et les déchets verts pour certains départements selon l'interprétation de l'administration.

➤ **Rubrique 2170** : "Fabrication des engrais et supports de culture à partir de matières organiques". Cette rubrique concerne les déchets agricoles et les déchets des industries agroalimentaires. Elle peut également concerner les déchets verts dans certains départements selon l'interprétation de l'administration.

➤ **Rubrique 2260** : "broyage, concassage, criblage... de tous produits organiques naturels". L'installation est soumise à déclaration ou autorisation selon la puissance de l'ensemble des machines fixes concourant au fonctionnement de l'installation.

Quel que soit le type de déchet traité, la création d'une plate-forme de compostage fait l'objet d'une déclaration au titre des ICPE jusqu'à un tonnage sortant de 10 T/j. Au-delà de ce tonnage, une autorisation d'exploiter est requise. Le dossier d'autorisation des ICPE est soumis à enquête publique et comprend les pièces réglementaires suivantes :

- un état initial du site d'implantation de l'ICPE et de son environnement ;
- un descriptif technique précis des installations projetées ;
- une étude d'impact concernant les effets potentiels de l'installation sur l'environnement et la salubrité publique ;
- des études des dangers potentiels présentés par l'installation ;
- une notice d'hygiène et de sécurité du personnel prenant en compte la réglementation du travail en vigueur et les risques potentiels de chaque poste pour les travailleurs ;
- un résumé non technique de l'étude d'impact.

7.2 Pour la commercialisation du compost

La commercialisation du compost est soumise à la loi n° 79-595 du 13 juillet 1979 sur les matières fertilisantes reposant sur des normes rendues d'application obligatoire ou sur l'homologation (site de l' Observatoire Régional des Déchets d'Ile-de-France). Dans la pratique, le recours à l'homologation est rare. Les composts issus de déchets verts sont donc commercialisés sans procédure particulière à condition de respecter la norme AFNOR NF-U-44-051 (2005) relative aux amendements organiques. Selon cette norme, le compost de déchets verts peut faire l'objet de 3 dénominations différentes :

- Compost vert : compost obtenu à partir de végétaux issus en tout ou partie de l'entretien des jardins et espaces verts (tontes, tailles, élagages, feuilles, etc...), bruts ou après prétraitement anaérobie, ayant subi un procédé de compostage caractérisé ou de lombri-compostage ;
- Compost végétal : matière(s) végétale(s), seule(s) ou en mélange, à l'exclusion des végétaux issus de l'entretien des jardins et espaces verts (tontes, tailles, élagages), brute(s) ou après prétraitement anaérobie, qui a (ont) subi un procédé de compostage caractérisé ou de lombri-compostage ou mélange de composts de matières végétales ;
- Compost de matières végétales et animales : mélange de matières végétales et animales (conformes à la réglementation en vigueur), brutes ou après prétraitement anaérobie, ayant subi un procédé de compostage caractérisé ou de lombri-compostage.

Elle impose une teneur en matière organique supérieure ou égale à 20% de la masse brute et une teneur en matière sèche supérieure ou égale à 30% pour le compost. Elle impose aussi un suivi de l'innocuité du compost (éléments traces métalliques, critères microbiologiques, inertes et impuretés, composés traces organiques) et un marquage spécifique avant commercialisation. La mise sur le marché de matières fertilisantes et supports de cultures rentre dans le cadre des articles L 251-1 à L 251-11 du Code Rural (site du Code Rural).

7.3 Pour les rejets de la plate forme de compostage

Les valeurs limites réglementaires de rejet dans le milieu naturel ou vers une station d'épuration d'effluents sont indiquées dans l'arrêté du 2 février 1998 relatif aux émissions de toutes natures des ICPE soumises à autorisation et dans l'arrêté du 7 janvier 2002 relatif aux ICPE soumises à déclaration sous la rubrique n° 2170.

8 Conception d'une plate forme

L'objectif de ce paragraphe est de donner les éléments principaux nécessaires à la mise en place d'une plate-forme de compostage.

8.1 Les équipements

Le site de l'association Biomasse Normandie (association régionale dont le double objectif est d'assurer la promotion du bois-énergie et du traitement et de la valorisation des déchets organiques) met à disposition une base de données très complète qui constitue un référentiel technique sur les matériels de compostage. Les équipements nécessaires au compostage sont répertoriés en fonction des différentes étapes du traitement. Leurs caractéristiques principales à retenir sont décrites ci-après.

- **Les broyeurs** : le broyage peut être réalisé soit sur le chantier d'arrachage soit sur la plate forme de compostage. Pour les déchets verts, le broyeur doit assurer un bon défibrage qui facilitera la dégradation des matériaux ligneux sans risque de bourrage. Les trois types de broyeur utilisés pour les déchets verts sont les broyeurs à dents, à marteaux ou à fléaux. Ces pièces d'usure sont à changer régulièrement. Les quantités traitées et le prix sont très liés à la puissance du matériel et s'échelonnent de 10 à 130 m³.h⁻¹ et de 40 000 à 350 000 €HT.
- **Les retourneurs** : il existe deux types de retourneur, soit les retourneurs tractés, soit les retourneurs autonomes. Pour le premier type, les rendements se situent entre 300 à 2000 m³.h⁻¹ et les prix vont de 15 000 à 105 000 €HT. Pour le second type les marges de rendements sont comprises entre 1000 et 4000 m³.h⁻¹ et les prix varient de 60 000 à 275 000 €HT. Le matériel sélectionné doit permettre une aération optimale de l'andain et assurer une bonne homogénéisation du matériel en décomposition. Cette opération peut aussi se faire de façon très rustique à l'aide d'un chargeur.
- **Les cribleurs** : le criblage du compost doit aboutir à l'obtention d'une granulométrie parfaite pour l'utilisateur. Trois types de cribleur sont retenus : le cribleur à trommels rotatifs, le tamis à disques et à étoiles et enfin le tamis vibrant. Les différents équipements influencent à la fois la qualité (production de refus) et le rendement (de 20 à 150 m³.h⁻¹). Les prix s'échelonnent de 20 000 à 200 000 €HT.
- **Autres équipements** : des équipements complémentaires peuvent ou doivent s'ajouter aux trois machines de base du compostage :
 - les aspirateurs broyeurs : ils peuvent être utilisés pour le nettoyage des plates formes, outils, ... (de 2000 à 20 000 €HT) ;
 - les engins de manutention : ils sont indispensables pour le déplacement des déchets et le chargement du broyeur, du cribleur, des transporteurs (25 000 à 150 000 €HT pour un chargeur ou une pelle mécanique) ;
 - les affineurs : ils permettent le retrait des impuretés du compost, comme les cailloux (de 50 000 à 200 000 €HT) ;
 - le matériel d'ensachage : utile dans le conditionnement du compost affiné avant commercialisation (20 000 à 200 000 €HT) ;

- les bâches/tunnels amovibles : protection des andains en compostage (2 à 40 €m⁻²) ;
- les malaxeurs : ils mélangent les déchets avant compostage (190 000 à 220 000 €HT).

8.2 Surfaces nécessaires

Avant de démarrer un projet de conception, il est nécessaire de prendre en compte les contraintes d'environnement de l'installation de compostage (disponibilité foncière, proximité d'habitations ou de cours d'eau et/ou zone humide, risques d'odeurs ...) et d'écoulement du compost. Comme pour les équipements, le suivi du trajet du compostage permet de lister l'ensemble des surfaces nécessaires (Cemagref, 1996 ; ADEME, 1999, Fruteau, 2004).

L'étape de préparation du substrat prend en compte la réception des déchets et nécessite l'installation d'un pont bascule à même de recevoir des semi-remorques. Les aires à prendre en compte sont : une aire de déchargement et de stockage des intrants, une aire de broyage des déchets, une aire de circulation des engins, un circuit de gestion des lixiviats.

L'étape du compostage à proprement parler doit prendre en compte une aire de fermentation, une aire de maturation et une aire de circulation autour des andains pour permettre leur retournement. Pendant l'affinage du compost, il est à prévoir une aire de criblage, une aire de stockage et conditionnement du compost et une aire de reprise du produit fini conditionné. Enfin, des surfaces complémentaires doivent prendre en compte les aires nécessaires à la circulation des engins sur l'ensemble de la plate forme, une lagune de rétention des eaux de ruissellement et des jus de compostage et des bureaux.

D'après l'ADEME (1999), la surface totale (hors lagunage) à prévoir est de :

- pour du compostage lent : 1 à 1,5 m² / tonne de déchet composté ;
- pour du compostage accéléré : 0,5 à 1 m² / tonne de déchet composté.

Le bassin de rétention doit être d'un volume de l'ordre de 0,05 à 0,1 m³ par m² de plate-forme.

8.3 Les coûts

L'ADEME (1999) a réalisé une synthèse bibliographique sur les coûts engendrés par une plate-forme de compostage de déchets verts. Les estimations étaient les suivantes :

- Compostage lent : i) coûts d'investissement : 107 à 198 € HT/tonne ; ii) coûts de fonctionnement : 23 à 46 €HT/tonne.
- Compostage accéléré : i) coûts d'investissement : 183 à 305 € HT/tonne ; ii) coûts de fonctionnement : 53 à 99 €HT/tonne.

Ces fourchettes s'expliquaient principalement par les écarts de capacité des installations, les variations de coût unitaire (infrastructures, équipements, technologies mises en œuvre), la diversité de qualité du compost produit (notamment la durée de maturation) et les coûts liés à la commercialisation. Le mode de compostage, accéléré ou lent, est parfois insuffisant pour expliquer le coût d'investissement, tant les prestations annexes rattachées à une installation de compostage peuvent être diverses : lagunage des eaux de ruissellement, maîtrise des odeurs, ensachage du compost, mise en balles des refus ...

Ces coûts n'étaient pas représentatifs pour les petites installations (moins de 2 000 tonnes/an) pour lesquelles des adaptations locales sont réalisées (par exemple utilisation de matériel agricole). Ils peuvent être légèrement diminués avec la vente du compost, dans les cas les plus

favorables, en fonction de sa qualité, des quantités vendues, des frais de commercialisation et du prix de vente. Ainsi, les prix de vente observés varient entre 8 et 38 € la tonne, ce qui peut représenter une diminution du coût de traitement de 2 à 8 € par tonne de déchets traités.

Les calculs avaient été effectués sur la base de nombreuses hypothèses et ces chiffres sont donc à considérer avec prudence. La collecte et les apports sur le site n'avaient pas été pris en compte. Les hypothèses étaient les suivantes : i) broyage et criblage sur le site, ii) fermentation et maturation sur 6 mois, iii) analyses, contrôle, entretien par les conducteurs d'engins et le responsable d'exploitation, iv) emplois d'encadrement, de maintenance et de commercialisation : 20 % des effectifs employés.

Les emplois étaient alors estimés à 0,3 pour 1 000 T de déchets verts traités par an ou de 0,4 pour 1 000 T de déchets verts + fermentescibles traités par an.

Le compostage des déchets de Jussie

Actuellement, la Jussie n'est pas systématiquement valorisée après arrachage. Certaines collectivités récoltant des volumes faibles et ne voulant pas risquer de disséminer la plante envoient les déchets vers des centres d'incinérations ou d'enfouissement technique. Ces méthodes sont à la fois coûteuses (80 à 90 €/la tonne de déchets traités, coût de transport souvent élevé), peu écologiques (destruction d'un déchet biodégradable facilement valorisable) et à terme proscrites par les règlements européens sur la mise en décharge des déchets organiques.

Le compostage des déchets de Jussie pourrait être à la fois une solution économique (utilisation de plate forme de compostage de proximité, faible coût de traitement de l'ordre de 30 euros la tonne) et écologique (obtention d'un amendement organique riche à l'issue du compostage).

1 Nature du gisement de Jussie

Les caractéristiques particulières de la Jussie vont perturber et/ou modifier le déroulement du compostage. Ainsi, les principaux paramètres de contrôle du compostage (le C/N, le taux d'humidité et le taux d'oxygène lacunaire) vont être influencés par la Jussie et particulièrement par :

- **son lieu de récolte** : la Jussie est une plante amphibie fixée qui va pouvoir se développer sous forme d'herbiers denses, immergés ou émergés (Matrat *et al.*, 2004). Les formes immergées ou aquatiques de la Jussie sont susceptibles de présenter des taux d'humidité plus élevés. Pour leur part, les formes émergées, présentant une structure rigide, pourrait développer des tissus plus lignifiés et augmenter le C/N de la plante. La multiplicité des phénotypes développés par cette plante reflète la grande diversité des habitats qu'elle colonise : prairies humides, étangs peu profonds, cours d'eau et autres zones humides et milieux aquatiques, y compris les milieux oligohalins (exemple dans le Département des Landes).
- **sa période de récolte** qui induit des formes différentes : au cours de son développement, la Jussie en milieu aquatique adopte une forme immergée ou flottante, puis une forme émergée. Le développement de cette forme émergée pourrait avoir pour conséquence une lignification plus importante des tissus aériens, synthétisant des tissus de soutien (diminution de la teneur en eau, augmentation du C/N).
- **le temps entre la récolte et le début du compostage** : autrement dit, il s'agit de l'influence d'un pré stockage de la Jussie. L'arrachage de la Jussie peut avoir lieu sur plusieurs mois (mai à septembre), et si les quantités sont insuffisantes pour être convoyées quotidiennement, hebdomadairement voire mensuellement, la Jussie stockée va pouvoir évoluer ("pré compostage") : dessèchement de la plante (évaporation d'eau et production de jus), évolution biologique du tas de Jussie (début de fermentation aérobie et/ou anaérobie) avec variations des paramètres chimiques (% matière organique, azote, phosphore, ...) et diminution des quantités de déchets.

A partir des différents types de gisements convoyés jusqu'à la plate-forme de compostage (matériel fraîchement récolté ou matériel pré stocké), deux cas de compostage peuvent être envisagés.

2 Possibilité de traitement

2.1 Cas des Jussie fraîchement récoltées avec un fort taux d'humidité

Le compostage de matériaux humides est envisageable (exemple du compostage d'algues sur la plate forme de compostage de Launay Lantique, Côtes d'Armor). Le taux d'humidité nécessaire au compostage est élevé (60%) et ces matériaux peuvent être recherchés par les plates formes de compostage pour traiter des co-produits, ou structurants, souvent trop secs et moins fermentescibles. Ces matériaux humides permettent à la fois de rétablir un taux d'humidité proche de l'optimal ainsi que de se rapprocher d'une bonne composition C/N. Cependant, les produits humides sont aussi souvent cause de formation de zones mal aérées dans lesquelles vont se développer des phénomènes de fermentations anaérobies avec dégagement de mauvaises odeurs. C'est notamment le cas du compostage de tontes de gazon fraîches. Blanquart *et al.* (1996) préconisent un mélange de tontes de gazon et de déchets ligneux de 1/1 en volume. Ce genre de mélange nécessite des retournements très réguliers (1 semaine, 1 semaine, 2 semaines, 2 semaines puis tous les mois). Cette aération/homogénéisation intense par retournement permet d'éviter les zones de colmatage qui entrent en anaérobiose.

Le compostage des produits humides et très fermentescibles peut conduire à la production de jus et à la perte d'azote par volatilisation, également sources des mauvaises odeurs. Afin de ne pas avoir ce type de matériel à composter seul en été, il est recommandé aux gestionnaires de plates-formes de compostage soit de réaliser des stocks de ligneux pendant l'hiver (matériel facile à stocker sans dégradation : C/N élevé), soit de réutiliser les refus de compostage en tête de processus comme structurant (Le Bozec *et al.*, 1996). Une autre solution est de déposer le matériel humide sur des andains déjà en compostage puis d'effectuer un retournement. Cette méthode a deux intérêts : une montée en température rapide des éléments fortement fermentescibles et une réactivation du compostage dans les andains.

2.1.1 Revue d'une expérimentation de 2003

L'essai de compostage commandité par le syndicat mixte Eden et développé par l'agence AGRO DEVELOPPEMENT de Nantes avait pour objectif de tester expérimentalement la faisabilité de ce type de traitement pour la gestion des déchets générés par l'arrachage de Jussie (Fruteau, 2004). Le compostage a été réalisé sur de la Jussie fraîchement récoltée, mélangée en proportions diverses avec un déchet d'espaces verts broyé. Le déchet d'espaces verts peut constituer un structurant adapté et facilement mobilisable.

➤ Protocole

Deux mélanges ont été réalisés avec respectivement près de 45% et 33% de Jussie en poids frais total (tableau I).

Tableau I : Composition des mélanges de Jussie et de déchets d'espaces verts avant l'expérimentation de compostage (d'après les chiffres de Fruteau, 2004)

Composition		
% Jussie	Mélange 1	Mélange 2
Sur matière fraîche	44,6	33,3
Sur matière sèche	12,8	8,3

Une fois le mélange réalisé, les andains ont été retournés hebdomadairement durant toute la phase de fermentation active qui s'est prolongée du 26 juin au 29 août. Un broyage a été réalisé

le 8 août et le criblage (15 mm) a eu lieu le 29 août. Des analyses agronomiques des matériaux bruts (déchets d'espaces verts et Jussie) et produits finis (compost et refus) ont été réalisées. Un suivi complémentaire des températures dans les andains en compostage a été conduit en 3 points de l'andain à 1 m de profondeur. Enfin, les pesées systématiques des intrants et extrants ont permis de réaliser un bilan matière.

➤ Résultats

✕ Matières premières

Comme le montre le tableau II, la Jussie fraîchement récoltée est majoritairement constituée d'eau (15% matière sèche) et a un pH acide (5,1). La matière sèche est principalement constituée de matière organique (80%) et le rapport C/N est faible (18,1). Le déchet d'espaces verts broyé est très sec (plus de 80% de matière sèche) et a un taux de matière organique élevé (près de 64 % de la matière sèche). Son pH est légèrement basique et son rapport C/N avoisine 21. Les deux mélanges obtenus à partir de ces deux matériaux bruts sont proches.

Tableau II : Qualité agronomique des différents matériels expérimentaux (d'après les chiffres de Fruteau, 2004, en comparaison avec un compost moyen de déchets verts selon Mallard *et al.*, 2005).

Mat	% MS	% MO sur MS	pH	g.kg ⁻¹ de MS			C/N
				Norg	Ptot	Ktot	
Jussie	15,1	80,0	5,1	22,0	3,7	18,4	18,2
DEV*	82,8	63,7	8,0	15,4	2,3	13,4	20,8
Mélange 1	52,6	71,0	6,7	18,3	2,9	15,6	19,6
Compost 1	67,4	30,4	9,0	14,2	3,1	12,9	10,7
Mélange 2	60,2	69,1	7,0	17,6	2,8	15,0	19,9
Compost 2	66,9	34,4	9,0	15,4	3,2	14,5	11,2
Refus	65,9	37,3	9,1	16,0	3,3	14,7	11,6
Compost de DEV*	70,7	35,3	7,2	15,7	5,3	11,4	11,4
Compost moyen de déchet vert** (CV)	/	46,9	/	15,5	3,3	14,7	15,0
	/	32%	/	33%	109%	78%	/

* DEV = déchet d'espaces verts ; **source : Mallard *et al.*, 2005.

✕ Températures

La figure 1 représente le suivi des températures durant le compostage. Le compostage des deux mélanges semble avoir été efficace avec des températures avoisinant 60°C sur des périodes supérieures à 20 jours.

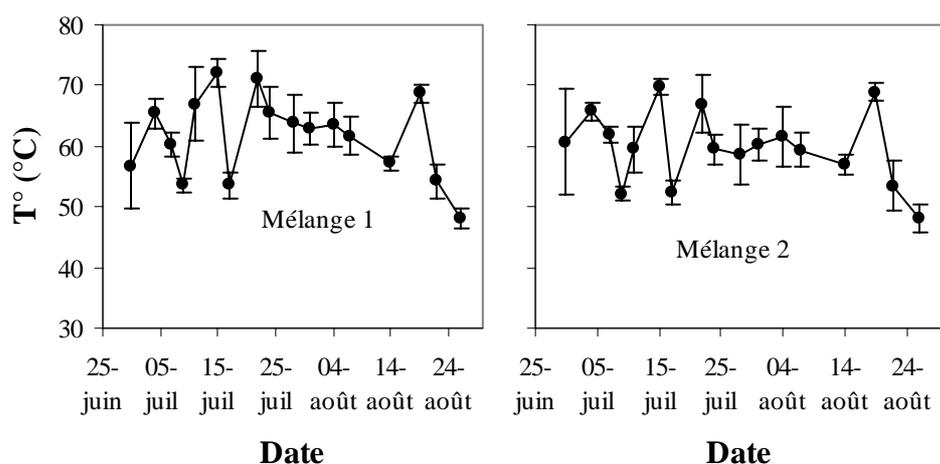


Figure 1 : Suivi des températures dans les andains en compostage lors de l'expérimentation de compostage de Jussie en 2003 (d'après les chiffres de Fruteau, 2004)

✕ Bilan matière

Tableau III : Bilan matière des deux andains de compostage (d'après les chiffres de Fruteau, 2004)

Bilan Matière						
	Mélange 1			Mélange 2		
	<i>matière fraîche</i>	<i>matière sèche</i>	<i>matière organique</i>	<i>matière fraîche</i>	<i>matière sèche</i>	<i>matière organique</i>
matière brute initiale (T)	32,5	17,1	12,1	30,0	18,1	12,5
produit final (T)	24,0	16,0	5,4	25,3	16,8	6,0
dont compost (T)	13,2	8,9	2,7	15,0	10,0	3,4
% de perte	26,2%	6,3%	55,8%	15,7%	7,0%	52,1%

Les deux mélanges présentent un bilan matière équivalent, avec une perte de matière sèche de 6 à 7% (environ 1T de matière sèche). Les pertes sur la matière fraîche (respectivement 8,5 et 6,7 T) sont donc principalement des pertes en eau. Les pertes en matière organique sont supérieures à 6T dans les deux cas.

✕ Compost obtenu

Dans le tableau II, les deux composts obtenus et le refus de criblage ont des compositions chimiques proches. Ces produits répondent à la norme AFNOR NF U 44 051 (2005 ; matière organique >20%MS, MS > 30%). Excepté pour la teneur en matière organique qui semble faible, ils sont aussi très proches d'un compost «moyen » de déchets verts tel que le précisent Mallard *et al.* (2005).

➤ Discussion

D'après les analyses chimiques, la Jussie fraîchement récoltée est un produit intéressant en co-compostage avec un déchet ligneux. Le déchet de Jussie semble en effet très fermentescible (rapport C/N faible) et sa teneur en eau importante peut limiter l'arrosage de l'andain pendant le compostage. Par contre, dans le cadre de cette expérimentation, son pH acide doit être corrigé avec un structurant au pH plus élevé que l'optimal espéré pour initialiser le compostage.

Le déchet d'espaces verts utilisé dans cette expérimentation comme structurant a un pH basique et doit donc permettre de rétablir le pH de l'andain. Par contre, il présente un C/N faible. En mélange avec la Jussie, le C/N risque d'être trop faible et d'entraîner des pertes en azote conduisant à un dégagement d'odeurs. L'ajout d'un matériel plus ligneux aurait probablement permis d'améliorer le compostage. De plus, le pourcentage d'humidité des deux mélanges est probablement trop faible pour assurer un bon compostage (respectivement moins de 50 et de 40% pour les mélanges 1 et 2).

Bien que ces deux paramètres semblent éloignés des optimums requis pour un compostage idéal, les températures mesurées indiquent qu'il y a eu une activité de dégradation de la matière organique avec une activation des micro-organismes responsables du compostage. Les températures élevées pendant le compostage peuvent être expliquées de deux manières :

- activité de dégradation intense tout le temps du compostage ;
- activité de compostage suffisante à créer les températures observées. Le maintien des températures élevées serait dû, d'une part, à la saison (peu de perte de chaleur en été) et, d'autre part, à la forte inertie thermique du tas de compost, emmagasinant la chaleur.

Dans le second cas, le compostage des déchets verts n'aurait probablement pas donné un compost de qualité. Or, l'analyse des deux composts de Jussie est proche de celle réalisée sur un compost de déchet d'espaces verts sans Jussie mené sur la même plate forme de compostage. Cependant, la teneur en matière organique est plus faible que celle obtenue pour un compost moyen de déchet vert selon Mallard *et al.* (2005).

Le bilan matière obtenu à partir de cette expérience de compostage est peu cohérent. Malgré des températures élevées, soulignant l'activité de dégradation de la matière organique, la quantité de matière sèche perdue est faible et loin des 40% de perte potentielle. Pourtant, les pertes en matière organique semblent très élevées (supérieures à 50%). Dans la théorie, le compostage correspond à une perte d'eau, d'une part, et de matière organique facilement dégradée par volatilisation, d'autre part. La matière organique peu fermentescible est, pour sa part, réorganisée sous forme d'humus stable. Par contre, la matière minérale contenue dans la matière première n'évolue presque pas. Les pertes quantitatives enregistrées sur la matière brute pendant le compostage pourraient être schématisées comme sur la figure 2.

Le bilan matière de cette expérimentation de compostage, avec une perte en matière sèche faible et une perte en matière organique élevée, induit une production de matière minérale (figure 3), ce qui est peu probable. De telles incohérences pourraient s'expliquer :

- par un échantillonnage des matériaux bruts et des produits finis trop faible pour montrer la variabilité des différents matériaux,
- par la réalisation d'échantillons peu représentatifs des matériaux en jeu.

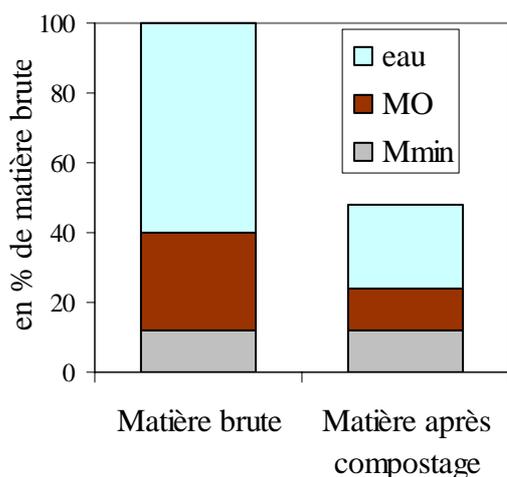


Figure 2 : Evolution théorique des quantités d'eau, de matière organique et de matière minérale pendant le compostage (exemple avec un mélange initial : matière sèche = 40%, matière organique = 70% de la matière sèche, perte de matière organique équivalent à 40% de la matière sèche, perte en eau = 60%, pas de perte de matière minérale). Synthèse d'après différents acteurs.

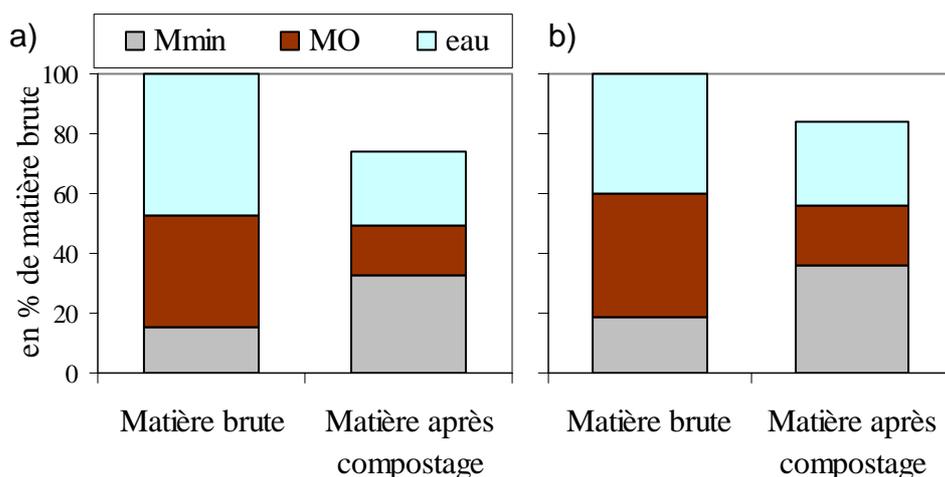


Figure 3 : Bilan matière pour le compostage du a) mélange 1 et b) mélange 2 (d'après les chiffres de Fruteau, 2004)

2.1.2 Les essais de compostage par Loire Compost Environnement

Loire Compost Environnement est une plate-forme de compostage établie dans une ferme. Ce contexte agricole lui permet d'écouler 1/3 de sa production et lui assure un débouché auprès des agriculteurs environnants. Elle accueille près de 25 000 T de déchets organiques par an (déchets verts mais aussi déchets issus de l'industrie agroalimentaire, provenant notamment de champignonnières avec une grande richesse en mycélium) qu'elle composte en près de 6000 T de produits finis. Depuis 2004, elle s'est engagée dans un programme d'étude du compostage de la Jussie.

➤ Protocole

La technique utilisée a été le double processus de retournement hebdomadaire et de l'aération pilotée qui assure une optimisation des paramètres du compostage. Trois lots de Jussie ont été

mélangés à un structurant du type déchets d'espaces verts. Les gisements de déchets végétaux disponibles étaient composés de tailles de haies et de quelques tontes de pelouses. La Jussie étant riche en azote, comme les tontes, les tailles de haies assuraient un taux de carbone suffisamment élevé pour obtenir un C/N optimal de 30 à 35. Les proportions déchets d'espaces verts/Jussie étaient de 2/3 et 1/3 sur produit frais.

Le suivi des températures a été réalisé de manière hebdomadaire (prise de température à trois niveaux de profondeur de l'andain et calcul des moyennes de température de l'andain).

➤ Résultats et discussion

✕ Bilan matière

Le bilan matière du compostage de la Jussie n'a pas pu être réalisé car seules les pesées en entrée ont été réalisées. La plate forme a ainsi traité plus de 165 tonnes de Jussie en mélange avec plus de 330 tonnes de déchets d'espaces verts (et aussi peut être de résidus de champignonnière). Cependant, les quantités de déchets d'espaces verts apportées restent des approximations étant donné qu'aucune pesée exacte avant mélange n'a été réalisée. D'après la plate forme, le compost criblé en maille de 4 cm constitue normalement 80% du produit fini (20% de refus).

✕ Déroulement du compostage et suivi des températures

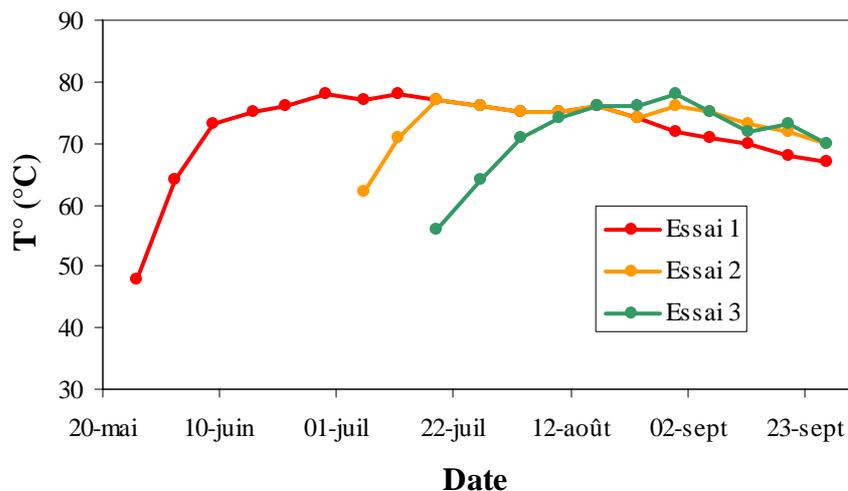


Figure 4 : Suivi des températures dans les trois essais de compostage de Jussie par Loire Compost Environnement en 2004

La phase de fermentation active a duré de 2 à 3,5 mois selon la date d'arrivée de la Jussie sur la plate forme de compostage. Les relevés de température montrent que chacun des andains a subi une élévation de la température, signe de l'activité de dégradation de la matière organique (figure 4). Dans tous les cas, le produit en compostage a été confronté à des températures de plus de 70°C pendant plus de 7 semaines. Pourtant, cette moyenne ne reflète pas la variabilité de la température dans l'andain. Il aurait été intéressant d'intégrer les marges de variation, mais malheureusement la plate forme de compostage n'a pas pu nous fournir ces données. L'ensemble du compost obtenu a été épandu sur les parcelles appartenant à l'exploitant de la plate forme le 6 octobre 2004, en mélange avec les composts obtenus par le criblage d'andains non spécifiques à la Jussie.

➤ Conclusion

Selon l'exploitant de la plate forme, le compostage de la Jussie ne présente aucune contrainte technique et peut même être un produit intéressant pour amorcer le compostage sans arrosage. Contrairement au problème rencontré par AGRO DEVELOPPEMENT, le broyage de la Jussie fraîche, à condition d'être intégré au co-produit de compostage (1/3 de Jussie environ), ne posait pas de soucis de bourrage du broyeur.

La montée rapide en température de l'andain était due à l'incorporation de la Jussie au déchet vert broyé déjà en compostage (et est probablement favorisé par les déchets des champignonnières). Finalement, le compost obtenu et épandu sur les terres de l'exploitant s'est avéré être un amendement organique de qualité.

2.1.3 Conclusion globale des deux expérimentations

Les températures mesurées dans les deux expérimentations soulignent l'activité de compostage. Le compostage de Jussie fraîchement arrachée est donc possible. Ce produit humide et riche en azote reste un déchet vert relativement classique. Cependant, il nécessite une attention particulière et probablement l'œil averti d'un professionnel. Il est donc impératif de travailler avec des plates formes de compostage qui maîtrise le traitement.

2.2 Compostage de Jussie après un pré stockage

Il n'existe pas de données sur les caractéristiques agronomiques de Jussie pré séchée. Cependant, des expérimentations à l'initiative du syndicat mixte EDEN sont en cours pour évaluer les possibilités de co-compostage "en bout de champ" chez un agriculteur, en mélangeant de la Jussie stockée depuis une année et du fumier. Cette expérimentation pourrait aussi intéresser le Parc de Brière qui stocke depuis 2004 l'ensemble de la Jussie arrachée. Les gestionnaires s'interrogent actuellement sur les possibilités d'évacuation de ce déchet, le compostage étant une solution évoquée.

De 2001 à 2003, les quantités de Jussie arrachées manuellement par le Parc de Brière durant quatre mois étaient stockées en bordure de marais. En conséquence, les quantités initiales de Jussie arrachées peuvent être divisées par deux à la fin de la campagne d'arrachage, le volume étant réduit de moitié. En 2001, sur 86 T de Jussie arrachée, seules 32 T ont été envoyées en centre d'enfouissement technique. Ainsi, le stockage de la Jussie a pour avantage de réduire les coûts de transport et de traitement par réduction des stocks de déchet végétal. De plus, le matériel plus sec serait plus facile à broyer pour la plate forme de compostage selon Fruteau (2004), même si la plate forme Loire Compost Environnement n'évoque aucun problème technique à ce sujet. La Jussie desséchée doit probablement nécessiter un arrosage préalable des andains, ce qui pourrait faire augmenter les coûts d'accueil du produit sur la plate forme de compostage. Pour la plate forme Loire Compost Environnement, le coût de traitement d'un matériel humide est plus faible, donc facturé moins cher.

3 Gestion des risques

La gestion des risques liés au compostage de déchets verts fait l'effet de nombreux rapports (Deloraine *et al.*, 2002 ; Noël *et al.*, 2002b) et notamment au regard de :

- l'émission de gaz à caractère polluant,
- la production de poussière ;
- la production de jus pouvant polluer les écosystèmes aquatiques,
- ...

Dans le cas du compostage de la Jussie, ces risques sont à prendre en considération comme pour n'importe quel déchet vert. Cependant, un risque supplémentaire existe : la dissémination de la plante. Le compostage doit assurer une totale innocuité du compost et ne présenter aucun risque de germination ou de repousse de Jussie. Il existe peu de risque que des fragments de Jussie puissent à nouveau se multiplier à l'issue du traitement, les tissus végétaux étant détruits. Par contre, le risque de dissémination de la plante par dispersion de graines est réel. Il est fonction de plusieurs paramètres :

- l'espèce de Jussie compostée et la présence de graines dans les produits d'arrachage apportés,
- la viabilité des graines à l'issue du compostage,
- la fuite de graines durant les étapes du compostage.

3.1 L'espèce de Jussie

En fait, il est plus exact de parler "des Jussies" que de "la Jussie". En France, les Jussies sont au nombre de deux espèces comprenant trois taxons (Matrat *et al.*, 2004). La première espèce est *Ludwigia peploides* (Kunth.) Raven et la seconde est *Ludwigia uruguayensis* (Camb.) Hara, qui comprend deux sous espèces : *ssp. grandiflora* (Michaux) Greuter & Burdet et *ssp. hexapetala* (Hook et Arn) Zardini, Gu et Raven. Seule la seconde des deux sous-espèces de *L. grandiflora* serait désormais présente en France (Dandelot, 2004).

L. grandiflora se reproduit par voie sexuée dans le Sud Ouest de la France dans des proportions variables selon les sites (bordures de plans d'eau, zones humides) : des tests de germination menés en laboratoire ont confirmé ces observations (Touzot, Dutartre, à paraître ; Petelszc, 2005) et les plantules produites par ces germinations sont viables.

L. peploides a une reproduction sexuée avérée, y compris dans les Pays de la Loire. Le compostage ne doit pas être un agent de prolifération de ces secondes espèces. Il est donc important de savoir quelle espèce de Jussie est traitée et s'il y a une reproduction sexuée sur le site d'arrachage, pour envisager le risque lié à la dissémination de graines.

3.2 Viabilité des graines à l'issue du compostage

La viabilité de graines d'adventices a largement été testée lors de compostage de fumier de bovin et de déchets ménagers (Tompkins *et al.*, 1998 ; Grundy *et al.*, 1998 ; Eghball & Lesoing, 2000 ; Larney & Blackshaw, 2003). A l'issue de ces études, les auteurs ont souvent conclu à la non viabilité de graines après 2 à 4 semaines minimum et 4 à 18 semaines maximum de compostage pour des températures d'au moins 39°C mais généralement comprises entre 55°C et

65°C, températures mesurées dans les andains en compostage. Les andains approchant l'humidité optimale de compostage ne présentaient plus de graines viables dès le premier retournement (Eghball & Lesoing, 2000). La température et le temps létaux pour les graines d'adventices testées étaient à chaque fois fonction de l'espèce. Les graines retrouvées viables au-delà de ces délais se trouvaient dans des points restés froids de l'andain, probablement dus à de mauvais retournements (Grundy *et al.*, 1998).

Même si les températures au cœur de l'andain se maintiennent à des températures avoisinant 55-65°C, une stratification de la température s'organise et les températures sont en diminution du centre vers l'extérieur de l'andain. Les variations peuvent être très importantes, notamment quand les conditions extérieures sont défavorables (Hermann *et al.*, 1994 ; Joshua *et al.*, 1998). Le fait de recouvrir l'andain par une bâche plastique pendant une courte période du compostage permet d'augmenter les températures et la destruction thermique des pathogènes et graines des couches extérieures (Curtis *et al.*, 2005).

Même si la température joue un rôle important dans la destruction de graines, elle n'explique pas totalement l'hygiénisation du compost. La production de phytotoxines pendant le compostage serait une variable importante de la perte de viabilité des graines (Eghball & Lesoing, 2000).

Des tests de germinations ont été effectués sur du compost de Jussie dans les Landes, mais les résultats ne sont pas encore disponibles.

En 2004, Loire Compost Environnement n'a pas réalisé de tests de germination sur le compost de Jussie.

Par contre, AGRO DEVELOPPEMENT a réalisé des tests de germination (Fruteau, 2004), aucune repousse n'a été recensée dans leurs suivis. Ce résultat est à nuancer par le fait que :

- à aucun moment dans le compte rendu, il n'est mentionné le nom de l'espèce de Jussie compostée (mais sur le territoire géré par l'EDEN, il s'agit essentiellement (mais peut être pas exclusivement de *Ludwigia peploïdes*);
- le temps de maturation du compost n'est pas connu, or un compost immature contient des substances anti-germinatives ;
- la maille de criblage est très fine, diminuant les chances de passage des graines dans le compost testé.

L'étude de la viabilité des graines de Jussie a aussi fait l'objet d'une étude par l'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise (Pipet, 2003 a & b, en cours d'édition). Après un passage d'au moins 48h à 50°C en étuve, aucune graine de *L. peploïdes* ne semble pouvoir encore germer. Une note de synthèse est en cours de rédaction sur ces résultats.

Enfin, des tests de germination ont été menés en laboratoire par l'Unité de Recherche réseaux, épuration et qualité des eaux du Cemagref sur des échantillons de compost de jussies (*L. grandiflora*) obtenu dans le cadre des expérimentations menées par le Conseil Général des Landes. Dans des conditions artificiellement maintenues en saturation d'eau, très favorables aux graines de jussie, deux germinations se sont produites et les plantules issues de ces germinations étaient viables. Bien que cela confirme les grandes capacités de résistance de ces graines, le risque de germination dans des conditions « normales » d'emploi du compost reste donc extrêmement faible ; de plus les plantules restent très fragiles durant leurs premières semaines de développement (Alain Dutartre, Cemagref Bordeaux, communication personnelle).

3.3 La fuite de graines durant les étapes du compostage

La limitation de la dispersion des graines (pour *L. peploïdes*) doit être optimisée à toutes les étapes, de l'arrachage de la Jussie à l'utilisation du compost. Lors de l'étape d'arrachage, il est important de limiter l'apport de graines dans les déchets à composter i) par une récolte de la Jussie avant floraison/fructification et ii) en limitant l'apport de sédiment (banque potentielle de graines).

Dans le processus même du compostage, la perte de graines de Jussie se situe, d'une part, dans la manutention des produits, d'autre part, dans la perte de graines dans les jus de compostage. La réutilisation de ces jus dans le compostage (arrosage des andains) permettrait de réduire la survie des graines en les réintégrant au processus.

Enfin, dans l'hypothèse de la présence de graines viables dans le compost, il est important d'établir un plan d'épandage strict du produit. Il peut être envisagé d'épandre le compost de Jussie sur des sites ne répondant pas aux exigences écologiques de la plante (parcelles hors zones humides et éloignées des cours ou plans d'eau). De plus, il peut être stipulé d'utiliser ce compost sur un territoire (bassin versant) déjà contaminé par *L. peploïdes*, limitant la colonisation de nouveaux écosystèmes.

Dans tous les cas, c'est la vigilance de l'ensemble des acteurs de la chaîne de compostage de la Jussie (gestionnaires, arracheurs, exploitants de plates formes de compostage, vendeurs et utilisateurs du compost) qui doit permettre de réduire les risques identifiés ci-dessus en rapprochant de 0 la probabilité de dispersion.

4 Le gisement des co-produits de compostage

Les déchets verts regroupent essentiellement les déchets verts de jardins collectés en porte à porte et les déchets verts collectés en déchetterie. D'après une valeur de l'ADEME reprise par le Centre National du Recyclage (2000), les déchets d'espaces verts municipaux seraient de 7 millions de tonne par an, seuls 17,1% seraient compostés. Il y a donc un réel potentiel de mobilisation de cette ressource qui nécessiterait la participation des municipalités. Les déchets verts "privés" (produits par les ménages) sont difficilement chiffrables, mais Blanquart *et al.* (1996) les estimaient entre 40 et 90 kg/hab/an.

La nature des déchets d'espaces verts publics varie avec la saison (Schneider & Le Bozec, 1995). De janvier à mars, les déchets ligneux (issus d'élagage) constituent la majeure partie de la production alors que d'avril à septembre ce sont les tontes de gazon. D'octobre à décembre, les feuilles mortes sont la principale source de déchets verts.

Dans le cas de compostage de tontes de gazon (déchet particulièrement humide et fermentescible proche de la Jussie), Le Bozec *et al.* (1996) préconisent la constitution d'un stock de ligneux pour absorber le pic de production de tonte dès le mois d'avril. En fin de saison estivale, début d'automne, les feuilles mortes semblent aussi être un structurant satisfaisant.

5 Protocoles d'étude du compostage de la Jussie

Une expérimentation de compostage est difficilement réalisable à petite échelle, les conditions optimales étant obtenues pour des andains de taille respectable (Pipet, en cours d'édition), comme réalisés sur la plate forme de Loire Compost Environnement. La collaboration de l'équipe scientifique avec ce type de structure est donc indispensable à la mise en place d'une

expérimentation. Cependant, elle nécessite la participation d'un agent extérieur à la plate forme, en charge de l'expérimentation. En effet, malgré un investissement de l'exploitant de Loire Compost Environnement dans le projet de compostage de la Jussie en 2004, il manque quelques données essentielles pour la caractérisation exacte du compostage de Jussie (analyse agronomique des intrants et extrants, quantités exactes de structurant apportées en mélange à la Jussie et des produits issus du compostage notamment). Toutefois, il est à souligner que l'exploitant de la plate forme est amené à gérer des flux annuels de produits sur la plate forme : il n'est pas nécessaire pour lui d'effectuer le bilan matière de chacun des andains qu'il met en compostage. D'ailleurs, le produit de criblage est systématiquement accumulé puis recyclé dans un même tas de compost.

Enfin, des tests de germination spécifiques au compost de Jussie doivent être réalisés. Pour Loire Compost Environnement, le besoin de compost par l'exploitant pour la fertilisation de ses terres n'a pas permis d'avoir le temps et le volume nécessaire pour réaliser ces tests en 2004.

Comme, la mise en place d'une expérimentation de compostage ne peut pas se faire sans l'aide d'une plate forme de compostage, afin de se rapprocher au maximum des conditions réelles du traitement ainsi que de s'assurer de la cohérence du protocole grâce au savoir faire de l'exploitant, la mise en place d'un protocole d'expérimentation devra prendre en compte au minimum les éléments suivants.

5.1 Mesures à réaliser

5.1.1 Analyse quantitative pour un bilan matière

Les quantités de déchets d'espaces verts et de Jussie devront être pesées séparément avant tout mélange pour chaque andain. Les quantités de produits finis (compost et refus de criblage) devront aussi être déterminées spécifiquement pour chaque andain expérimenté.

5.1.2 Analyse qualitative

Les analyses agronomiques de tous les matériaux en jeu dans le processus du compostage devront permettre d'établir les bilans matières sur produit sec et sur la matière organique. Seuls ces bilans permettront d'avoir une vision rigoureuse et critique de la qualité du compostage. De plus, elles devront permettre de connaître les caractéristiques des intrants et d'optimiser le mélange structurant / Jussie à tester. Enfin, elles devront permettre d'estimer les qualités de l'amendement obtenu à partir du compostage de la Jussie. Des répétitions de mesures sont à envisager afin de pouvoir intégrer la notion de variabilité de la qualité des différents matériaux. Ceci suppose d'avoir des possibilités de séparer les structurants selon leur nature.

5.1.3 Tests de germination et de viabilité des graines de Jussie

La viabilité des graines de Jussie doit être testée de différentes manières afin de permettre de caractériser rigoureusement le risque pris lors du compostage de la plante. Trois types de test peuvent être proposés.

➤ **Germination de Jussie sur des échantillons de compost** : les tests peuvent être réalisés tels que le prévoyait le protocole développé par AGRO DEVELOPPEMENT. Le potentiel de présence et de viabilité des graines est mesuré sur des échantillons de compost en pot, en mélange avec différentes proportions de terreau et en conditions favorables au développement de la Jussie, en maintenant une forte humidité dans au moins une partie des pots.

➤ **Viabilité des graines de Jussie dans un andain** : la viabilité d'une graine dans un andain en compostage et ses caractéristiques létales (température et temps d'exposition minimums) peuvent être déterminées. Comme le propose Tompkins *et al.* (1998), Grundy *et al.* (1998), Eghball & Lesoing, (2000) ou encore Larney & Blackshaw (2003), des filets à mailles fines contenant des graines de la plante à analyser peuvent être insérés dans l'andain, à différentes profondeurs. A intervalles de temps prédéfinis, des tests de viabilité (méthode chimique) et de germination (test en pot) des graines sont réalisés en laboratoire.

➤ **Test en plein champ** : la seule façon de s'assurer de l'innocuité totale du produit est d'utiliser l'ensemble du tas de compost sur une (ou un groupe de) parcelle(s). Le compost pourrait être utilisé sur une zone à risque (zone humide) sans présence préalable de Jussie et le potentiel de repousse mesuré. Cependant, le risque environnemental lié à ce type d'expérimentation est important et ce type d'expérience ne serait à envisager que si l'hypothèse de viabilité des graines s'est déjà révélée négative aux deux tests précédents ; dans ce cas, un suivi détaillé de la flore adventice sera à réaliser avec des spécialistes capables d'identifier la Jussie dès ses premiers stades.

5.2 Paramètres à étudier

5.2.1 L'espèce de Jussie

L'espèce de Jussie ne joue probablement pas sur la qualité du compost. Par contre, elle influence le risque de dissémination de la plante. Des andains contenant uniquement l'une ou l'autre des deux espèces doivent pouvoir répondre à deux objectifs :

- des graines de *Ludwigia peploides* sont-elles encore viables à l'issue du compostage ?
- *Ludwigia uruguayensis* ne présente-t-elle aucun risque de germination par rapport au site d'arrachage ?

5.2.2 Technique mise en œuvre

Les techniques de compostage mises en œuvre peuvent jouer sur les temps de compostage et l'hygiénisation du compost. Afin de trouver la technique optimale pour assurer l'innocuité du compost, différentes techniques doivent être expérimentées, et notamment :

- l'influence d'un pré stockage de la Jussie sur les paramètres de contrôle du compostage ;
- l'étude du système d'oxygénation de l'andain, soit en retournement simple (sous différents rythmes de retournement), soit en retournement et aération contrôlée ;
- l'efficacité de la pause d'une bâche sur l'andain pour maximiser l'hygiénisation du produit en compostage.

5.2.3 Proportion de Jussie

L'étude de la proportion de Jussie dans le tas en compostage doit répondre à deux objectifs :

- quelle est la proportion maximale de Jussie permettant encore un compostage convenable de la matière organique ?
- à partir de quelle proportion de Jussie le risque de survie des graines devient-il positif ?

Le développement d'un protocole d'étude de ce paramètre est directement lié aux caractéristiques du structurant employé ainsi qu'au type de Jussie récolté (période de récolte, pré

séchage,...). L'expérimentateur devra adapter ces proportions en fonction de la qualité des intrants par l'analyse des paramètres teneur en eau, rapport C/N et pH pour se rapprocher des optimums de compostage.

5.3 Conclusion

Le protocole qui sera développé doit être suivi rigoureusement et implique que l'exploitant de la plate forme s'engage personnellement. Cependant, il est clair que ce type d'expérimentation est contraignant et difficile à appliquer sur une plate forme de compostage qui doit gérer des flux importants de matière et répondre à des objectifs de rendement. Le dégagement d'une zone expérimentale sur la plate forme et l'utilisation des équipements peut engendrer des contraintes techniques et financières. L'organisme chargé de l'expérimentation pourra être amené à réfléchir à des compensations pour l'exploitant de la plate forme.

Tous les paramètres présentés ci-dessus ne pourront probablement pas être étudiés lors d'une même expérimentation, à moins de pouvoir réaliser un nombre d'andains de compostage élevé représentatif de l'ensemble des situations rencontrées. Le croisement de trop de paramètres d'étude (espèces de Jussie, technique mise en œuvre, proportion de déchets d'espaces verts incorporés,...) sur un nombre réduit d'andains en expérimentation risquerait d'aboutir à des données peu interprétables alors que les moyens mis en œuvre auront été importants. Il est donc préférable d'envisager l'étude de paramètres jugés prioritaires.

6 Recommandations et minimisation des risques

Même s'il existe peu d'expérimentations sur le compostage de la Jussie, il est possible de faire des recommandations qui découlent à la fois du bon sens, de la connaissance de la plante et des premières expériences de compostage. D'emblée il faut rappeler que le transport des produits d'arrachage est une source potentielle importante de dissémination de boutures, voire de graines.

6.1 Limiter l'apport de graines dans l'andain

La limitation de l'apport de graines dans les produits de compostage met particulièrement en jeu la vigilance des gestionnaires (période de récolte, propreté de la Jussie). Le contrôle de l'espèce doit aussi permettre d'évaluer le risque pris à reporter les périodes d'arrachage. Enfin, sur la plate forme de compostage, la diminution de la part de Jussie dans l'andain en compostage diminue les chances de présences de graines et augmente les chances de destruction.

6.2 S'assurer de la destruction des graines et tissus végétaux

La destruction des graines et tissus végétaux de Jussie lors du compostage passe par l'optimisation et la maîtrise du processus, et notamment :

- en approchant le plus possible des paramètres optimums à l'initialisation du compostage (C/N, teneur en eau, pH) : ceci passe par la connaissance exacte des intrants permettant l'utilisation d'un structurant adapté, la gestion des proportions des différents déchets dans l'andain et en s'assurant d'une homogénéisation du matériel en compostage.

➤ par la technique mise en œuvre, et particulièrement le choix de la technique d'aération/oxygénation envisagée pendant la phase de fermentation active (homogénéisation et hygiénisation de l'ensemble du produit).

➤ par l'utilisation de techniques particulières maximisant l'hygiénisation du compost, comme l'utilisation d'une bâche recouvrant l'andain pendant une courte période du compostage.

6.3 Limiter la dispersion des graines

L'utilisation d'une plate-forme totalement imperméable et éloignée des zones à risque (zones humides, ...) est un préalable. De plus, la réalisation de plans d'épandage stricts, à la fois pour le compost et les effluents de la plate forme est à préciser dans un cahier des charges. Enfin, la réutilisation des refus et des effluents dans le traitement devrait permettre d'augmenter les chances de destruction des graines potentiellement présentes dans ces produits.

Conclusion

La mise en place d'expérimentations sur la gestion des déchets de Jussie et notamment vis-à-vis du compostage est le signe d'un besoin de la part des gestionnaires d'avoir un référentiel technique à ce sujet. A ce jour, nous avons pu recenser quatre collectivités qui ont réalisé des expérimentations de ce type et pour lesquelles des notes de synthèse sont parues ou à paraître : le Conseil Général des Landes, le Conseil Général du Maine et Loire, l'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise et le Syndicat Mixte EDEN. Ces expérimentations sont souvent réalisées en collaboration avec d'autres organismes (Cemagref de Bordeaux, Université de la Roche-sur-Yon, plate-forme de compostage Loire Compost Environnement).

La création d'une base de données regroupant les résultats de ces expérimentations permettraient de recadrer et de guider les collectivités dans le choix des études à réaliser, en évitant de reconduire les mêmes expériences plusieurs fois. De plus, un suivi scientifique doit permettre d'étayer les conclusions et de vérifier l'absence de possibilités de dispersion de la plante par ce traitement (ou les conditions de non-dispersion). Une base de données complémentaires concernant les caractéristiques chimiques de la plante sous différentes conditions (différentes régions, différentes espèces, différents stades et différents phénotypes) devraient permettre de se rendre compte de la variabilité du déchet.

Les caractéristiques de la Jussie montrent que le compostage est possible comme pour n'importe quel type de déchet vert. Par contre, les quantités de déchets récoltés ne semblent pas justifier l'installation de plates formes de compostage spécialisées pour les déchets de Jussie. Au contraire, la collaboration avec des plates formes de compostage existantes peut être une solution économique (coût à la tonne faible) et technique (gestion en local, utilisation du savoir faire de l'exploitant) fiable.

La mise en place de nouvelles expérimentations sur le compostage des déchets de Jussie devrait permettre de préciser/standardiser un protocole de compostage et ainsi de faciliter la rédaction de cahiers des charges. Elles devront notamment répondre aux objectifs :

- d'innocuité du produit, notamment vis-à-vis des graines de *L. peploïdes* ;
- de préciser les conditions de faisabilité du compostage.

Bibliographie

- ADEME (1999) *Techniques de gestion des déchets ménagers*. <http://www.ademe.fr/Collectivites/Dechets-new/Politique-planif/Plans/Guide.htm> : 112p.
- Blanquart J.P., LE Bozec A., Schneider P. (1996) *Modes de gestion des tontes de gazon sur les plates formes de compostage de déchets verts Etude bibliographique et enquête*. ADEME / Cemagref, Rennes : 54p+annexes.
- Cemagref (1996) *Exploitation et conception de plates-formes de compostage de déchets végétaux*. Cemagref, Rennes : 60 pages.
- Centre National du Recyclage (2000) *Le traitement biologique des déchets organiques*. <http://www.cercle-recyclage.asso.fr/tele/dossiers/valorg.PDF> : 58p.
- Curtis M.J., Kleiner W.A., Claassen V.P., Dahlgren, R.A. (2005) Differences in a composted animal waste and straw mixture as a function of three compost methods. *Compost Science & Utilization* 13 (2) : 98-107.
- Deloraine A., Hedreville L., Arthus C., Bajeat P., Déportes I. (2002). *Etude bibliographique sur l'évaluation des risques liés aux bio-aérosols générés par le compostage des déchets*. ADEME / CAREPS, http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/etud_impact/rapcar_ei52.pdf : 163p+annexes.
- Eghball B. & Lesoing G.W. (2000) Viability of weed seeds following manure windrow composting. *Compost Science & Utilization* 8 (1) : 46-53.
- Fruteau N. (2004) *Etude de traitement par compostage de la Jussie mémoire technique*. AGRO DEVELOPPEMENT / syndicat mixte de l'EDEN, Nort sur Erdre : 24p+annexes.
- Grundy A.C., Green J.M., Lennartsson M. (1998) The effect of temperature on the viability of weed seeds in compost. *Compost Science & Utilization* 6 (3) : 26-33.
- Herrmann I., Meissner S., Bachle E., Rupp E., Menke G., Grossmann F. (1994) Impact of the rotting process of biodegradable material of household garbage on the survival of phytopathogenic organisms and of tomato seeds. *Zeitschrift Fur Pflanzenkrankheiten Und Pflanzenschutz-Journal Of Plant Diseases And Protection* 101 (1) : 48-65
- Pipet N. (2003a) *Etude des capacités de germination des jussies du Marais poitevin en conditions de laboratoire 2002/2003*. Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise : 27 p.
- Pipet N. (2003b) *Etude des capacités de germination des jussies du Marais poitevin en conditions de laboratoire - année 2003*. Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise : 77 p.
- Pipet N. (en cours d'édition) *Etude des capacités de germination des jussies du Marais poitevin en conditions de laboratoire 2004/2005*. Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise : 80 p.
- Joshua R.S., Macauley B.J., Mitchell H.J. (1998) Characterization of temperature and oxygen profiles in windrow processing systems. *Compost Science & Utilization* 6 (4) : 15-28
- Larney F.J. & Blackshaw R.E. (2003) Weed seed viability in composted beef cattle feedlotmanure. *Journal of Environmental Quality* 32 (3) : 1105-1113.

- Le Bozec A., Blanquart J.P., Schneider P. (1996) *Modes de gestion des tontes de gazon sur les plates formes de compostage de déchets verts Expérimentations de compostage*. Cemagref, Rennes : 171p+annexes.
- Noël L., Carre J., Legeas M. (2002a) *Rapport d'étude : éléments pour la prise en compte des effets des unités de compostage de déchets sur la santé des populations riveraines. Pièce n°1, le compostage des déchets*. Ecole Nationale de la Santé Publique, http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/etud_impact/ensp1_ei52.pdf : 34p.
- Noël L., Carre J., Legeas M. (2002b) *Rapport d'étude : éléments pour la prise en compte des effets des unités de compostage de déchets sur la santé des populations riveraines. Pièce n° 2 les risques non microbiologiques associés au compostage des déchets*. ENSP http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/etud_impact/ensp2_ei52.pdf : 81p + annexes.
- Norme AFNOR NF U 44-051 (1^{er} avril 2005). «Dénominations, spécifications et marquage ».
- Mallard P., Rogeau D., Gabrielle B., Vignoles M., Sablayrolles C., Le Corff V., Carrere M., Renou s., Vial e., Muller o., Pierre N., Coppiny. (2005) *Impacts environnementaux de la gestion biologique des déchets bilan des connaissances*. Cemagref, rennes : 331p.
- Matrat R., Anras L., Vienne L., Hervochon F., Pineau C., Bastion S., Dutartre A., Haury J., Lambert E., Gilet H., Lacroix P., Maman L. (2004) *Gestion des plantes exotiques envahissantes en cours d'eau et zones humides*. Gestion des plantes exotiques envahissantes Comité des pays de la Loire : 48p+annexes.
- Mustin M. (1987) *Le compost gestion de la matière organique*. Editions François Dubusc, Paris : 954p.
- Petelszyc M., 2005. *Dynamique de développement des plantules de Ludwigia grandiflora dans la réserve naturelle du Marais d'Orx et en condition de laboratoire*. Master 2 professionnel, « Gestion intégrée des bassins versants », Université de Rennes. Cemagref, Unité de Recherche Réseaux, épuration et qualité des eaux. Mémoire 51p.
- Schneider P. & Le Bozec A. (1995) *La production des déchets végétaux des espaces verts publics*. Cemagref, Rennes : 89p.
- Touzot, O., Dutartre A., (à paraître). *Expérimentation de germination de graines et de développement de plantules de jussies en conditions de laboratoire*. In : Actes des Journées Techniques « Gérer les Jussies ? », Soustons, janvier 2001. Conseil Général des Landes, Cemagref, 8p.
- Tompkins D.K., Chaw D., Abiola A.T. (1998) Effect of windrow composting on weed seed germination and viability. *Compost Science & Utilization* 6 (1) : 30-34.

Site Internet (dernière visite le 31/08/2005)

Association Biomasse Normandie : www.biomasse-normandie.org

Code Rural, partie législative : <http://droit.org/code/index-CRURALNL.html>

Loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement : <http://www.admi.net/jo/loi76-663.html>

Observatoire Régional des Déchets d'Ile-de-France : <http://www.ordif.com/information/traitement3.htm>

Règlement Sanitaire Départemental :

<http://alsace.sante.gouv.fr/dep1/environnement/expertise/rsd2000.pdf>

Liste des contacts

Conseil général du Maine et Loire

- Contact : Alain GENILLON
 - * 02 41 31 31 22
- Territoire :
 - * Gestionnaire des voies navigables du Maine et Loire.
- Espèce de Jussie :
 - * *Ludwigia peploïdes*.
- Arrachage de la Jussie
 - * assuré par une entreprise de réinsertion.
 - * Méthode : manuel, ramassage le plus exhaustif possible.
- Devenir de la Jussie
 - * Lance le projet de compostage de la Jussie sur la plate forme Loire Compost Environnement en 2004.
 - * Avant 2004 : centre d'enfouissement en décharge de classe 2 (90 €/T + transport).
 - * Test d'épandage de Jussie fraîche sur des chaumes.

Conseil général des Landes

- Contact : Jérôme JEGOUX
 - * 05 58 05 40 40
 - * jerome.jegoux@cg40.fr
- Connaissance :
 - * la Jussie a été repérée à la fin des années 1970 sur le cours d'eau du Boudigau (sud-ouest du département).
 - * Développe depuis 2001 un programme d'action départemental (acquisition d'éléments de connaissance des plantes, évaluation des travaux de contrôle des proliférations, recherche de filières d'élimination et de valorisation des plantes suite aux travaux de gestion, communication).
 - * Synthèse prévue pour le printemps 2006 sur leur site web, notamment sur le compostage de la Jussie.
- Devenir de la Jussie
 - * Premier essais de compostage en 2003 : essais infructueux probablement dû à la salinité de la plante récoltée.
 - * Obtention d'un compost en 2004 : attente des résultats de sa capacité germinative.
 - * Jussie broyée et épandue en milieu forestier : disparition de la jussie après un traitement chimique agricole.
 - * Valeur alimentaire : pourrait être donné comme aliment au bétail (test d'appétence sur Jussie brute ou en mélange).
 - * Pour 2006 :

- Projet d'expérimentation d'introduction de buffles noirs sur des zones humides (Barthes de l'Adour) pour le contrôle de la jussie par le prélèvement et l'action mécanique.
- Essai de bâchage de jussie pour tester l'efficacité de la diminution de l'éclairement dans la lutte contre la jussie.

Conseil général de la Charente

- Contact : Alain Marchegay
 - ✘ 05 45 90 75 16
- Territoire :
 - ✘ Réalise la cartographie précise de la Jussie en Charente.
 - ✘ L'arrachage est réalisé par la subdivision hydro (Michel Néron).
 - ✘ Arrachage précoce sur zones peu colonisées : laisse les gros herbiers (limite l'expansion de la Jussie).
- *Devenir de la Jussie*
 - ✘ Incinération sur place ou envoyée en déchetterie.

Subdivision hydro du Conseil Général de la Charente

- Contact : Michel Néron
 - ✘ 05 45 61 81 74
 - ✘ 06 07 37 94 84
- Expérimentation d'arrachage en cours pour la mise en place d'un plan de gestion.

Cemagref de Rennes

- Contact :
 - ✘ Pascal Mallard (02 23 48 21 41 et pascal.mallard@cemagref.fr)
 - ✘ Amaury de Guardia (02 23 48 21 33 amaury.de-guardia@cemagref.fr)
- Connaissances :
 - ✘ Bibliographie du compostage (avec Pascal Mallard)

Syndicat mixte EDEN (Loire Atlantique)

- Contact : Cédric Barguil et Jean-Luc Maisonneuve
 - ✘ 02 40 48 24 45
 - ✘ Syndicat-mixte-eden@wanadoo.fr
- Territoire :
 - ✘ Gestionnaire d'un site Natura 2000
- Devenir de la Jussie
 - ✘ Ont développé des expérimentations sur le compostage de Jussie fraîche.
 - ✘ Etudient actuellement les possibilités de compostage de Jussie pré stockée « en bout de champ » (chez un agriculteur).

Communauté d'Agglomération Saumur Loire Développement

- Contact : Guillaume ROCHER
 - × 06 82 56 07 62
 - × 02 41 40 45 50
 - × g.rocher@agglo-saumur.fr
- Territoire :
 - × Gestionnaire du Thouet : 32 km de domaine fluvial public.
 - × Droit de regard sur le lit majeur de la Loire sur la communauté de communes.
 - × Amont du Thouet : géré par un syndicat mixte des Deux Sèvres.
- Espèce de Jussie : ?
- Arrachage de la Jussie
 - × Réalise la cartographie des herbiers de Jussie sur le Thouet.
 - × Arrachage assuré par une entreprise de réinsertion.
 - × Méthode : manuel, ramassage le plus exhaustif possible.
- Devenir de la Jussie
 - × 2005 : apport des déchets à Loire compost environnement (30 €/T + 1,20 €/km)
 - × Avant 2005 : incinération (90 €/T + 260 €/transport)
- Quantité de Jussie arrachée :
 - × 2005 : 650 m² d'herbiers <3 m² en général
 - × 2004 : 10 T (ramassage tardif, en septembre)
 - × 2003 : 7,5 T
 - × 2002 : 2,06 T

Le Parc Naturel Régional de Brière

- Contact : Jean Patrice DAMIEN
 - × 02 40 91 68 68
 - × jp.damien@parc-naturel-briere.fr
- Territoire :
 - × 49 000 ha du parc
- Espèce de Jussie : *L. uruguayensis ssp hexapetala*
- Arrachage de la Jussie
 - × Principe développé : récolte systématique de tous les foyers connus.
 - × Méthode de lutte organisée :i) suivi exhaustif des surfaces en marais par le parc, ii) arrachage réalisé ensuite par les gestionnaires.
- Devenir de la Jussie
 - × Pré-stockage temporaire en bordure de marais.
 - × expérimentation en cours sur le traitement chimique (notamment une fois les prairies exondées).
 - × Compostage au centre d'enfouissement (jusque 2000) puis enfouissement dans un site d'enfouissement technique entre 2001 et 2003. Depuis stockage sur site non inondable à proximité du site d'intervention mais volume très faible annuellement.
- Quantité de Jussie arrachée :

- ✗ Faible car les herbiers sont majoritairement récoltés très tôt (Jussie en rosette) et plusieurs fois dans la saison. L'arrachage est moins pénibles, demande moins de logistiques pour les transports.
- ✗ 2001 : 175 ha de plans d'eau et prairies + 28,5 km de canaux (/20000 ha de marais) soit 86 T environ. Après 4 mois de stockages, 32 T ont été envoyées en déchetterie.
- ✗ 2002 : 173 ha + 8 kms, mais densité beaucoup plus faible (très dispersé)
- ✗ 2004 : 248 ha + 31.5 kms de canal
- ✗ 2005 : 206 ha + 29 kms de canal
- ✗ Progression apparemment ralentie

Fédération de pêche 49

- Contact : Nicolas CHATARD
 - ✗ 02 41 87 57 09
 - ✗ fede.peche.49.chatard@wanadoo.fr

Apport de Jussie à Loire Compost Environnement

Collecte de données

- Territoire :
 - ✗ Coordinateur de toutes les opérations pour le Maine et Loire
- Espèce de Jussie : ?
- Arrachage de la Jussie
 - ✗ Se charge de la cartographie.
 - ✗ coordination des arrachages avec le Conseil Général du Maine et Loire et différents syndicats.
- Devenir de la Jussie
- Quantité de Jussie arrachée :

Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise

- Contact :
 - ✗ Gilles Chourré
 - ✗ Nicolas Pipet (06 85 05 95 58)
 - ✗ 05 49 06 79 79
 - ✗ i-i-b-sevre-niortaise@wanadoo.fr
- Connaissances :
 - ✗ Expérimentation sur la viabilité des graines de Jussie en laboratoire.
 - ✗ Note de synthèse en cours de rédaction.

Forum des marais atlantiques

- Contact : Loïc ANRAS
 - ✗ 05 46 87 80 33
 - ✗ lanras@forum-marais-atl.com
- Connaissance
 - ✗ Possède une base de données importantes concernant les plantes exotiques envahissantes.
- Collaboration : avec les collectivités locales et les Conseils Généraux de la Charente et de la Charente Maritime.

Loire Compost Environnement

- Contact : M. Gerbier ou Ivan Sachet
 - ✗ 06 84 06 14 17 (Sachet)
 - ✗ 02 41 67 00 41
 - ✗ l.c.e@wanadoo.fr
- Compostage de la Jussie provenant des arrachages effectués par :
 - ✗ Conseil Général du Maine et Loire
 - ✗ Agglo Saumur
 - ✗ Autres syndicats et collectivités territoriales du Maine et Loire
- Volumes :
 - ✗ 25 000 T de produits bruts
 - ✗ 6 000 T de compost
- Utilisation du compost
 - ✗ 1/3 de la production écoulé sur les parcelles de l'exploitant de la plate-forme.
 - ✗ Commercialisation principalement en grandes cultures (criblage à 4 cm) mais aussi auprès des entreprises de paysagistes, les particuliers, ... (criblage 15 mm).
- Tarification : 30 €/T de Jussie + 1,20 €/du km

Plate-forme de compostage Launay Lantique

- Contacter : Mark Briand (de la part de Pascal Mallard du Cemagref de Rennes)
 - ✗ Site d'Etable sur Mer, Côte d'Armor.
 - ✗ 02 96 70 65 59
- Compétence dans le compostage de déchets très humides et de déchets salés : algues.