

Etude de la survie du souchet comestible (*Cyperus esculentus*) et de la renouée du Japon (*Reynoutria japonica*) lors du compostage et de la méthanisation.



Jacques Fuchs, FiBL

en collaboration avec:

Hansueli Dierauer (FiBL), Matthias Klaiss (FiBL), Britta Hölzel (ZHAW), Urs Baier (ZHAW), Lutz Collet (institut agricole du canton de Fribourg)

28 février 2017



Kompostieranlage Seeland AG
 Installation de Compostage Seeland SA



Kanton Zürich
 Baudirektion



EXCELLENCE FOR SUSTAINABILITY

Das FiBL hat Standorte in der Schweiz, Deutschland und Österreich
 FiBL offices located in Switzerland, Germany and Austria
 FiBL est basé en Suisse, Allemagne et Autriche

FiBL Schweiz / Suisse
 Ackerstrasse, CH-5070 Frick
 Tel. +41 (0)62 865 72 72
 info.suisse@fibl.org, www.fibl.org

Etude de la survie du souchet comestible (*Cyperus esculentus*) et de la renouée du Japon (*Reynoutria japonica*) lors du compostage et de la méthanisation

Résumé

Cette étude a évalué le risque que le souchet comestible et la renouée du Japon se propagent par le compost ou le digestat et colonisent ainsi de nouvelles parcelles. Pour ce faire, plusieurs essais de compostage et de méthanisation ont été réalisés, dans la pratique et en laboratoire. Les résultats de ces travaux peuvent être résumés comme suit:

- Aussi bien les rhizomes de la renouée du Japon que les tubercules du souchet comestible sont inactivés par un compostage, respectivement par une méthanisation réalisés dans les règles de l'art.
- Lors du compostage, les rhizomes et les tubercules peuvent survivre s'ils sont situés sur le bord du pied de l'andain. Un retournement régulier des tas assure cependant que chaque particule du matériel organique se trouve une fois au centre de l'andain. Ainsi, une inactivation complète des bouts de rhizome et des tubercules est assurée.
- Dans le compostage en bord de champ, il n'y a pas de délimitation nette entre l'andain et le sol, si bien qu'une contamination du sol avec du souchet comestible ou de la renouée du Japon ne peut pas être complètement exclue. Ainsi, deux mesures de précaution doivent être prises lors du compostage en bord de champ:
 - En bord de champ, ne pas composter du matériel organique avec une contamination connue de souchet comestible ou de renouée du Japon
 - Contrôler régulièrement les emplacements ayant eu des andains pour reconnaître et éliminer tout de suite une plante problématique qui s'y développerait.
- Lors d'une méthanisation thermophile, tous les rhizomes et les tubercules ont été inactivés en l'espace d'une semaine.
- Lors d'une méthanisation mésophile, tous les bouts de rhizomes ont été tués en une semaine; quelques tubercules ont pu survivre sept jours, mais aucun n'avait encore de pouvoir germinatif après trois semaines.
- Une attention particulière doit être portée à l'ordre et à l'organisation de l'installation de traitement des résidus organiques, afin d'éviter tout court-circuit entre les intrants et les produits finis (aussi lors du transport du matériel).
- Une dissémination de souchet comestible ou de renouée du Japon n'a pas lieu si le processus de compostage, respectivement de méthanisation, est réalisé dans les règles de l'art.

Etude de la survie du souchet comestible (*Cyperus esculentus*) et de la renouée du Japon (*Reynoutria japonica*) lors du compostage et de la méthanisation

1. Introduction

1.1 Le souchet comestible (*Cyperus esculentus*)

Le souchet comestible (*Cyperus esculentus*) est une plante adventice monocotylédone vivace qui pose de plus en plus de problèmes dans l'agriculture suisse. Il se multiplie par ses tubercules hypogés et s'est fortement répandu en Suisse lors des vingt dernières années.

Le souchet comestible est une plante invasive susceptible de causer des dégâts importants dans les cultures agricoles. Une fois installée, elle se multiplie rapidement grâce à ses tubercules survivant pendant l'hiver dans le sol, et elle ne se laisse pratiquement plus éradiquer.

Ses tubercules sont de taille relativement petite (entre 0,5 et 15 mm) et sont facilement transportables d'une parcelle à l'autre avec les machines agricoles ou même avec les souliers.

1.2 La renouée du Japon (*Reynoutria japonica*)

La renouée du Japon est une plante herbacée pérenne avec un réseau souterrain très important de rhizomes. Elle peut atteindre trois mètres de hauteur. Elle se rencontre dans une grande variété de milieux anthropogènes aux sols riches. Son développement le plus important se produit sur les rives des cours d'eau.

Elle forme des massifs de clones très denses et monospécifiques, éliminant les espèces indigènes.

Son extension est principalement due aux rhizomes. Sa reproduction par les semences est insignifiante. Sa multiplication par segments de tige ou de rhizomes est très efficace, même avec de tous petits morceaux (1-2 cm).

Elle peut se propager par des transports accidentels des parties de la plante (par exemple emportées par les rivières ou avec des transports de terre). Une contamination d'une parcelle avec des restes de cultures infectés ou avec du compost ou digestat est imaginable. Ce point n'est pas étudié à ce jour.

1.3 But de la présente étude

La question du risque éventuel d'une dissémination de ces adventices par le compost ou le digestat est très actuelle.

Un des principaux mécanismes d'inactivation d'adventices ou d'agents pathogènes lors du compostage et de la méthanisation est certainement la température du processus, mais

l'effet de molécules chimiques présentes pendant la première phase des processus (comme certains acides organiques) et l'action de microorganismes utiles y jouent également un rôle important. Ainsi, d'après les données bibliographiques existantes, les graines d'adventices ne survivent pas, de manière générale, à un processus de compostage¹ ou de méthanisation² réalisé dans les règles de l'art. Toutefois, aucun renseignement n'existe sur les risques de survie des tubercules de souchet comestible lors de ces processus. De même, il n'existe pratiquement pas de données sur la destruction des rhizomes ou des bouts de tiges de renouée du Japon lors du compostage ou la méthanisation.

Le but de la présente étude est donc d'évaluer les risques de dissémination du souchet comestible et de la renouée du Japon avec du compost ou du digestat. Les facteurs étudiés dans ce contexte sont la disponibilité en oxygène (anaérobie / aérobie), la température (mésophile / thermophile) ainsi que les effets de l'environnement aqueux (exposition en sachets hermétiques ou non).

2. Matériel et méthodes

Des tubercules de souchet comestible ainsi que des rhizomes et des tiges de renouée du Japon ont été compostés respectivement méthanisés dans diverses conditions. Outre le système de traitement utilisé, les principaux paramètres étudiés étaient la température du processus et la durée d'exposition du matériel végétal.

Après ces traitements, leur pouvoir germinatif a été testé.

2.1. Matériel végétal

2.1.1. Renouée du Japon

Le matériel végétal (rhizomes et tiges) a été collecté en deux endroits. Pour l'essai de compostage «Leibstadt 1», il provenait d'un jardin privé à Weiach (ZH). Pour les autres essais, il provenait des rives d'un ruisseau (AG).

Le matériel végétal a été stocké au frais jusqu'au début des essais. Avant de débiter les essais, les rhizomes de la renouée du Japon ont été coupés en bouts de 4 cm de longueur et les tiges en bouts de 10 cm, avec au moins un entre-nœud par bout.

2.1.2. Souchet comestible

Les tubercules de souchet comestible avaient deux origines: tubercules produits en serres d'essais au FiBL et tubercules provenant d'un champ contaminé.

La production de tubercules au FiBL a été réalisée dans du substrat «Einheitserde® Typ 0» (Einheitserde Werkverband, D-36391 Sinntal-Jossa) avec une fumure de base de 0,56 g de scories Thomas, 1,33 g magnésium de potasse et 2,3 g de poudre de corne par litre de substrat. Mi-juillet, un tubercule de souchet comestible provenant d'un champ d'Ins (BE) a

¹ Dorahy CG, Pirie AD, McMaster I, Muirhead L, Pengelly P, Chan KY, Jackson M, Barchia IM. 2009. Environmental Risk Assessment of Compost Prepared from *Salvinia*, *Egeria densa*, and Alligator Weed. *Journal of Environmental Quality* 38: 1483-1492.

² Westerman PR, Gerowitt B. 2013. Weed seed survival during anaerobic digestion in biogas plants. *The Botanical Review* 79: 281-316.

été placé par pot (Ø 14 cm). Après cinq mois de cultures en serre expérimentale, les racines des plantes ont été lavées et les tubercules collectés.

Les tubercules du champ, collectés par Max Baladou, proviennent de la commune de Noville (VD). La terre du champ infesté a été tamisée en décembre 2016 et les tubercules collectés.



Fig. 1. Renouée du Japon à Weiach (ZH) (à gauche) et à Hornussen (AG) (à droite).



Fig. 2. Production de tubercules de souchet comestible (à gauche) et collecte des tubercules du champ (à droite).

2.2. Réalisation des tests de compostage et de méthanisation

Une partie du matériel végétal a été placée dans des petits sachets en nylon perméables à l'eau et au gaz, afin que ce matériel soit, lors des processus de compostage et de méthanisation, exposé aux composés chimiques, aux microorganismes et à la température du processus. Une autre partie du matériel a été confiné dans des sachets en plastique soudés hermétiquement, afin de n'être exposé qu'à la température du processus. Trois répétitions, avec chacune 50 tubercules, 40 bouts de rhizomes ou 10 tiges, ont été réalisées par essai et variante. Par essai, trois sachets nylon et trois sachets plastiques ont été stockés à température ambiante pendant la durée des essais (témoins).

2.2.1. Essais de compostage

Les échantillons de plantes ont été enfouis à différentes profondeurs au début des processus de compostage dans des installations professionnelles (fig. 3). La température à

laquelle chaque échantillon a été exposé a été enregistrée avec des enregistreurs de données de type iButton DS1921G-F5# (Moritz Fuchs Elektronik, D-Weingarten) pendant toute la durée des essais.

Après une respectivement trois semaines, les échantillons ont été déterrés. Le pourcentage du matériel végétal pouvant encore germer a été déterminé en conditions contrôlées, et comparé au pourcentage de germination dans les échantillons témoin (voir 2.3).

Deux essais ont été réalisés sur un andain tabulaire sur l'installation de compostage de Leibstadt (AG). Deux essais ont été réalisés dans un andain de compostage en bord de champ à Stein (AG).

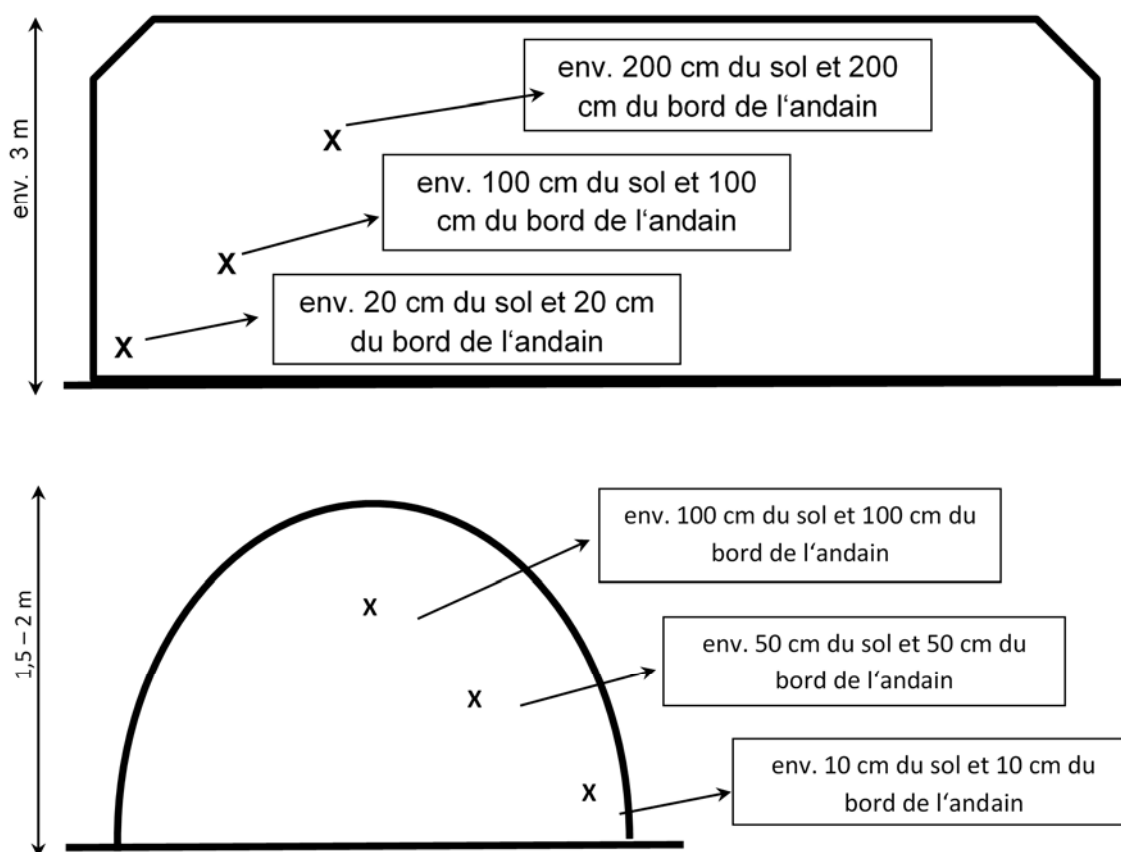


Fig. 3. Placement des échantillons de matériel végétal dans les andains de compostage
En haut : andain tabulaire
En bas: andains en bord de champ

2.2.2. Essais de méthanisation

Ces essais ont été réalisés dans des réacteurs en plastiques d'un volume de 5,5 litres dans le laboratoire du centre de biotechnologie environnementale de la ZHAW à Wädenswil. Les échantillons végétaux emballés dans les sachets en nylon ou les sachets plastiques (voir plus haut) ont été traités 7 et 21 jours à 37°C (méthanisation mésophile) respectivement 7 et 14 jours à 55°C (méthanisation thermophile).

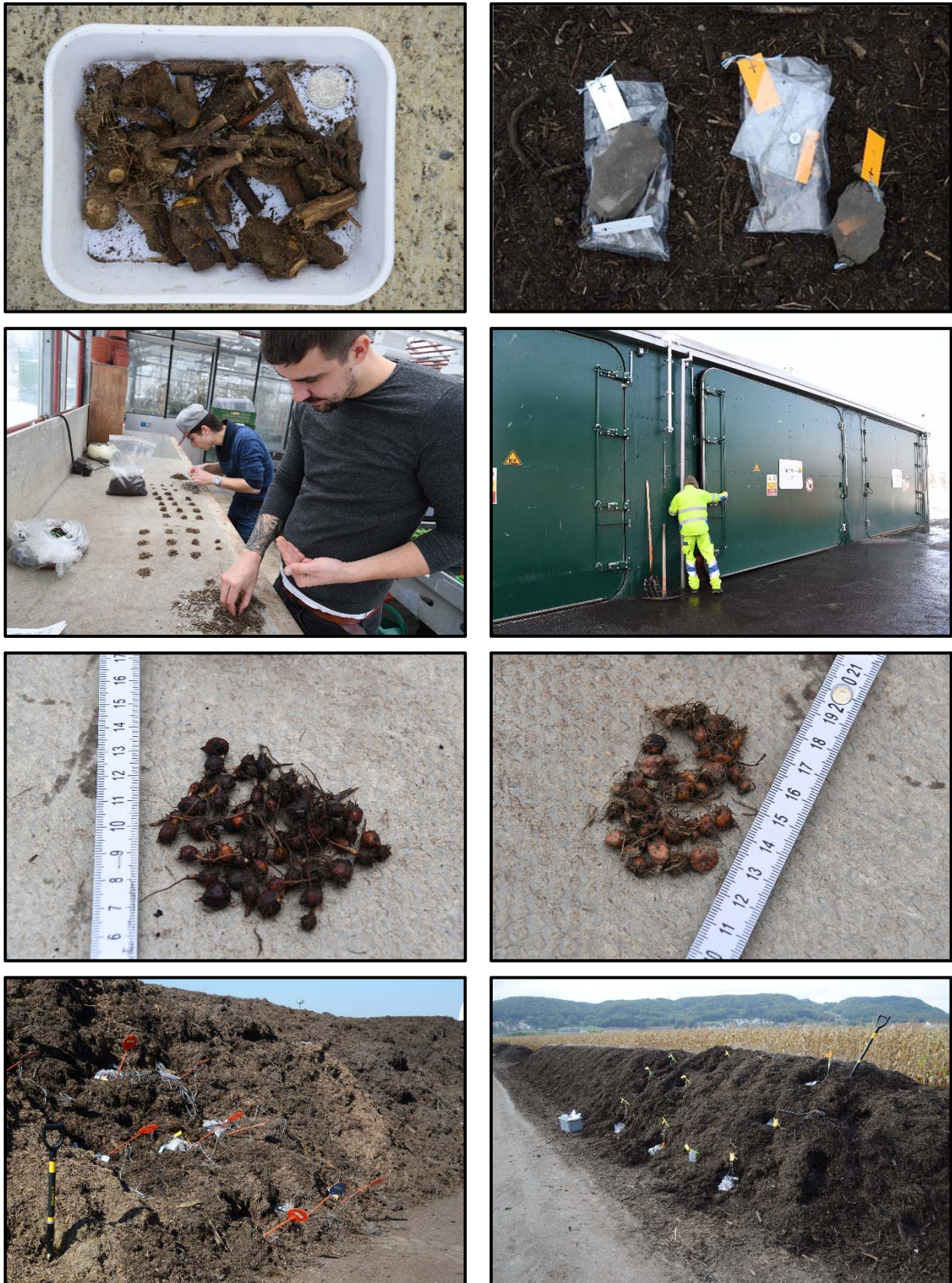


Fig. 4. Réalisation des essais de compostage

En haut, à g.: Morceaux de rhizomes de renouée avant le compostage ; à d. : échantillons de renouée du Japon dans sachets plastiques ou sachets en nylon, et iButton-Logger
 2^{ème} ligne: à g.: préparation des tubercules de souchet; à d. : système Kompoform.
 3^{ème} ligne : à g. : tubercules de la culture au FiBL ; à.d. tubercules de Noville (VD)
 En bas : mise en place des échantillons dans l'andain tabulaire de Leibstadt-AG (à. g.) et dans l'andain de bord de champ à Stein-AG (à. d.).

L'eau de pressage pour la réalisation des essais provient de l'installation de méthanisation d'Axpo Kompogas AG à Samstagern. Cette eau de pressage avait une valeur pH d'environ 8, avec une teneur en matière sèche comprise entre 12.5 % et 14.5 % et une teneur en ammonium d'environ 2g NH₄-N/l. La valeur pH a légèrement baissé pendant la durée des essais, mais est constamment restée supérieure à 7,5. Les teneurs en matière sèche et en NH₄-N sont restées stables pendant la durée des essais. Un réacteur avec environ 3 litres d'eau de pressage a été utilisé par durée d'exposition et température. Les réacteurs étaient placés sur des agitateurs tempérés de la maison Infors, avec une vitesse d'agitation de 80 tpm. A la fin de l'essai de méthanisation, les échantillons ont été conservés pendant une à deux semaines à 4°C jusqu'à la réalisation du test de germination

Le pourcentage du matériel végétal pouvant encore germer a été déterminé en conditions contrôlées et comparé au pourcentage de germination dans les échantillons témoin (voir 2.3). Un essai par plante a été réalisé.



Fig. 5. Test d'exposition dans un réacteur de laboratoire en conditions anaérobies
 En haut à gauche eau de pressage.
 En haut à droite: réacteurs en plastique dans l'agitateur avec tuyau de dégazage
 En bas à gauche: eau de pressage
 En bas à droite: sachets avec le matériel végétal après leur exposition

En complément aux essais en laboratoire réalisés par le ZHAW, un essai de méthanisation de tubercules de souchet comestible a également été réalisé dans l'installation de

méthanisation industrielle Kompoferm (compostage thermophile en boxes) de Sugiez (Kompostieranlage Seeland AG).

2.3. Test de survie du matériel végétal

Cinq litres de substrat «Einheitserde® Typ 0» (Einheitserde Werkverband, D-36391 Sinntal-Jossa) ont été répartis dans des bacs de transport Multiflor TK 3040 (dimensions 39 x 29 x 7 cm) (gvz-rossat AG, CH-Otelfingen). Le matériel végétal a ensuite été placé sur le substrat puis recouvert avec une couche de «Einheitserde® Typ 0». Les bacs ont alors été tenus humides pendant 3 à 4 semaines en conditions contrôlées par 20°C - 24°C. Le nombre de plantes croissant a alors été compté.



Fig. 6. Test de germination des échantillons de renouée du Japon après compostage.
En haut à gauche : morceaux de rhizomes sur le substrat
En haut à droite: morceaux de rhizomes sur le substrat recouverts avec le substrat
En bas à gauche: vue générale de l'essai de germination (témoins avec croissance de plantes)
En bas à droite: Vue d'un bac lors de l'évaluation du test de germination

3. Résultats

3.1. Renouée du Japon, tiges

Les essais avec les tiges de renouée du Japon n'ont pas fourni de résultats probants, les tiges témoin stockées à température ambiante ayant également perdu leur pouvoir germinatif. Pour la pratique, ceci ne semble toutefois pas avoir beaucoup d'importance, les tiges perdant rapidement leur pouvoir de germination si elles sèchent.

3.2. Renouée du Japon, rhizomes

3.2.1. Essais de compostage

Afin de conférer une bonne sécurité aux résultats, les échantillons n'ont pas été placés au milieu de l'andain, mais plus près des bords. Lors des essais de compostage, les températures ont été relevées directement à l'endroit des échantillons. Ainsi, elles ne correspondent pas aux températures notées sur les protocoles de fermentation des andains. Ces dernières, qui sont mesurées au centre des andains, sont plus élevées pendant une période plus longue que celles aux emplacements des échantillons. A ce sujet, tous les andains ont respecté les exigences légales (au minimum trois semaines avec des températures supérieures à 55°C ou au minimum une semaine avec des températures supérieures à 65°C, avec plusieurs brassages de l'andain pendant cette période).

Andain tabulaire de Leibstadt (AG)

La température au pied de l'andain était comprise entre 20 et 40°C pendant les premiers 7 à 10 jours de l'essai (fig. 6). Puis la température a atteint des valeurs supérieures à 40°C pour tous les échantillons; pour deux échantillons du premier essai, la température est même montée à plus de 60°C (Fig. 6).

Lors du premier essai de compostage en andain tabulaire, la teneur en matière sèche du matériel était comprise entre 45 et 55%, ce qui signifie un bon taux d'humidité (fig. 7 à gauche). Au début du deuxième essai, la teneur en matière sèche du matériel était très élevée (aux environs de 70%); après un apport d'eau dans l'andain au moment de son brassage, son taux d'humidité a pu être nettement augmenté et le matériel organique était, à la fin de l'essai, plutôt humide (fig. 7 à droite).

Dans les deux essais, tous les morceaux de rhizomes emballés dans des sachets plastiques n'étaient plus viables déjà après une semaine de compostage, et ceci indépendamment de leur emplacement dans l'andain (fig. 8). En ce qui concerne les rhizomes placés dans les sachets en nylon, seul un échantillon du deuxième essai (R2) a montré encore un pouvoir de germination (fig. 8 à droite). La température du tas à cet endroit pendant les premiers 7 jours était, tout comme pour les autres échantillons placés en bas du tas, comprise entre 20 et 25°C (fig. 6 en haut à droite). Toutefois, le degré d'humidité à cet endroit était nettement plus bas qu'ailleurs (moins de 30%, fig. 7 à droite). Ceci pourrait être la raison de la survie de quelques morceaux de rhizomes.

Après trois semaines, plus aucun morceau de rhizome n'était viable.

Essai de compostage en bord de champ à Stein (AG)

Dans les deux essais, la température au pied de l'andain a atteint pendant un court moment la température de 40°C, puis est redescendue vers 20-25°C (fig. 9 en haut). La température au milieu et en haut des andains est d'abord montée jusqu'à environ 60°C, puis est continuellement redescendue jusqu'à environ 30°C au 7^{ème} jour (fig. 9). Après le retournement des andains, la température est remontée à 60°C ou plus.

Le taux d'humidité de la matière organique était bon à humide dans les deux essais (taux de MS compris entre 40 et 50%, fig. 10).

Lors de ces essais, les bouts de rhizomes ont été emballés hermétiquement dans les sachets en plastique immédiatement après leur collecte. Ils ont alors commencé à

fermenter, de manière à ce que les témoins aient également perdu leur pouvoir de germination. Une interprétation des résultats de ces rhizomes n'est donc pas possible. Lors du premier essai, tous les bouts de rhizomes placés dans des sachets en nylon ont perdu leur pouvoir germinatif, indépendamment de leurs emplacements (fig. 11). Lors du deuxième essai, des rhizomes provenant des trois échantillons placés au bas de l'andain ont pu germer après trois semaines, et de deux échantillons sur trois après trois semaines (fig. 11). Par contre, tous les bouts de rhizome des échantillons placés en milieu ou dans le haut de l'andain ont perdu leur pouvoir germinatif, et ceci déjà après une semaine de compostage (fig. 11).

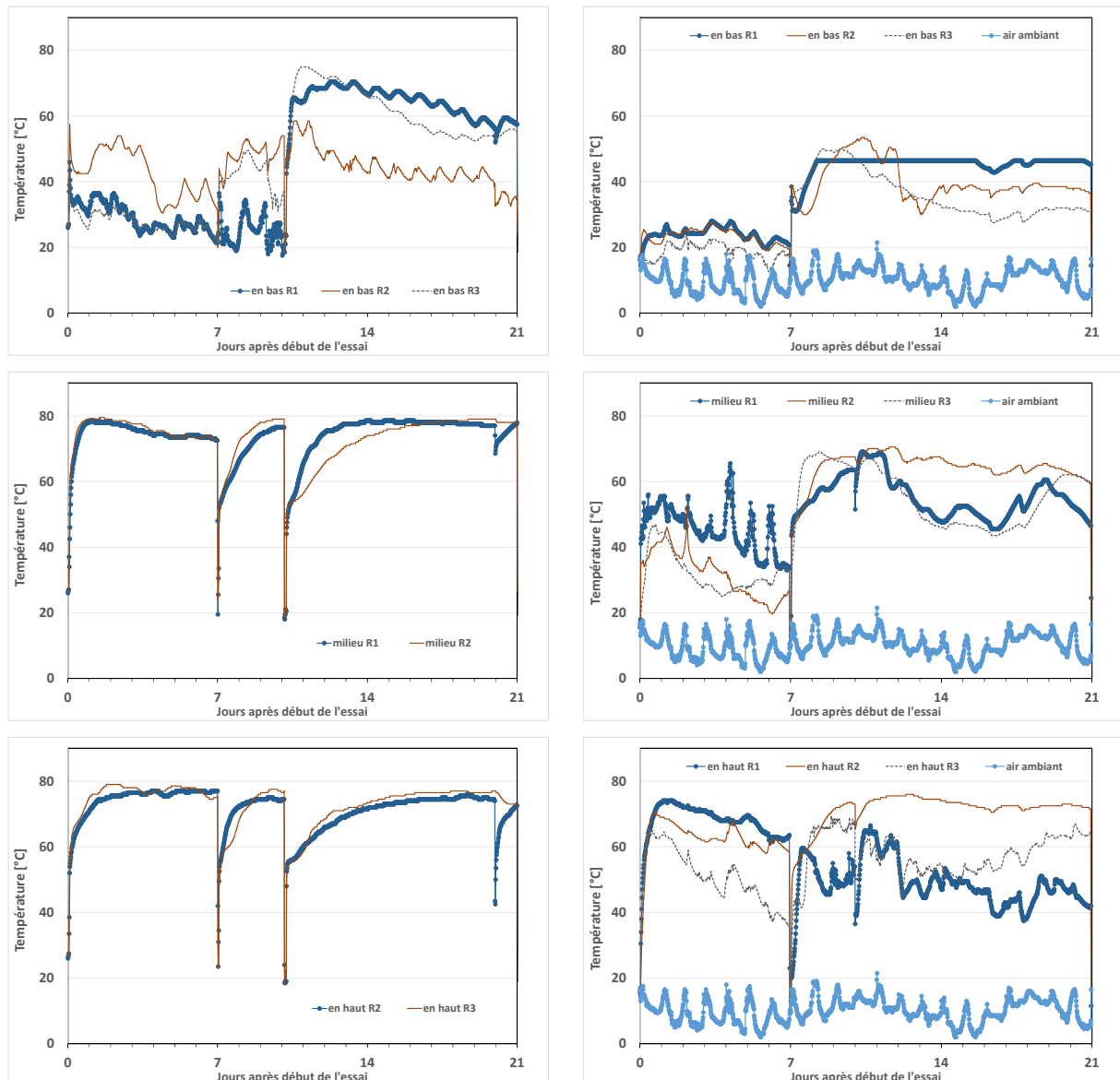


Fig. 6. Développement de la température dans un andain tabulaire (Leibstadt-AG) lors des essais de compostage de rhizomes de la renouée du Japon. A gauche : 1^{er} essai. A droite, 2^{ème} essai. En bas : au pied de l'andain, 20 cm à l'intérieur. Au milieu : à environ 1 m de hauteur et 1 m à l'intérieur de l'andain. En haut : à environ 2 m de hauteur et 2 m à l'intérieur de l'andain.

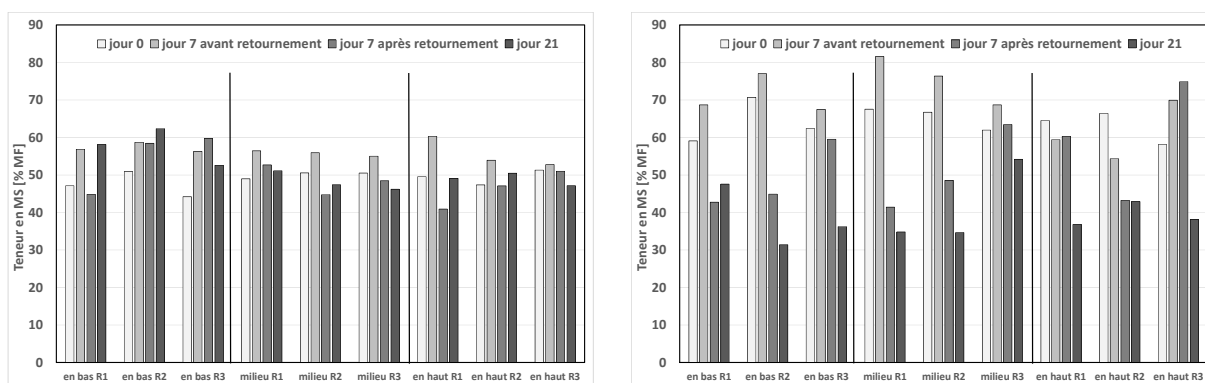


Fig. 7. Evolution du taux d'humidité de la matière organique dans l'andain tabulaire (Leibstadt-AG) pendant les essais de compostage de la renouée du Japon. A gauche : 1^{er} essai. A droite : 2^{ème} essai.

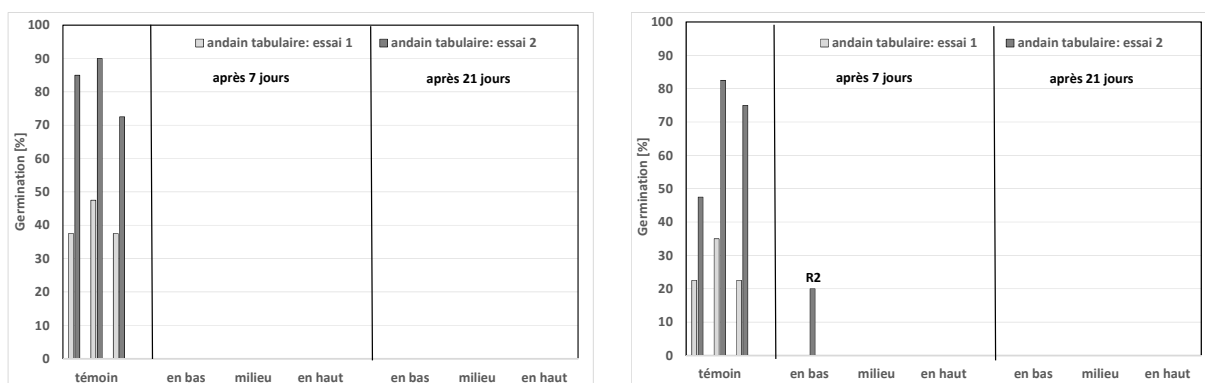


Fig. 8. Taux de survie des rhizomes de renouée du Japon pendant leur compostage dans un andain tabulaire à Leibstadt (AG). A gauche: rhizomes emballés dans des sachets en plastiques hermétiques. A droite : rhizomes emballés dans des sachets en nylon perméables. Chaque colonne représente une répétition (R). En bas: au pied de l'andain, 20 cm à l'intérieur. Au milieu: à environ 1 m de hauteur et 1 m à l'intérieur de l'andain. En haut : à environ 2 m de hauteur et 2 m à l'intérieur de l'andain.

3.2.2. Essais de méthanisation

Réacteur de laboratoire ZHAW, Wädenswil (ZH)

Les bouts de rhizome « témoin » placés dans les sachets en plastique ont perdu complètement leur pouvoir germinatif à cause des conditions anaérobies et de leur auto-fermentation. Ainsi une évaluation pertinente des échantillons placés dans les sachets en plastiques hermétiques n'est pas possible, bien que tous ces échantillons, qu'ils soient exposés à 37 °C ou à 55 °C pendant 7, 14 ou 21 jours, ont perdu leur pouvoir germinatif (données non montrées).

En ce qui concerne les rhizomes placés dans les sachets en nylon, tous ont perdu leur pouvoir germinatif, indépendamment de la température du processus (37°C ou 55°C) et de la durée de leur exposition (une semaine ou plus).

3.3. Souchet comestible

3.3.1. Essais de compostage

Les essais de compostage des tubercules de souchet comestible ont été réalisés en janvier 2017. La température ambiante pendant cette période était très basse (entre -10°C et +10°C).

Aucune différence significative de survie entre les tubercules provenant du champ ou les tubercules cultivés n'a été observée. Aussi, une différenciation n'a été faite entre les diverses origines des tubercules dans les résultats présentés ci-dessous.

Andain tabulaire de Leibstadt (AG)

Lors du premier essai, la température de deux des trois échantillons placés au pied de l'andain était en dessous de 15°C pendant pratiquement toute la durée de l'essai (fig. 12). La température du troisième échantillon était d'environ 30°C pendant la première semaine de compostage, puis de 15°C (fig. 12). Lors du deuxième essai, la température au pied de l'andain était comprise entre 30°C et 50°C (fig. 12) ; elle était supérieure à 50°C au milieu de l'andain et dans le haut de l'andain (fig. 12).

Dans les deux essais, le matériel organique de l'andain avait une humidité optimale à élevée (teneurs en MS comprises entre 35 et 50%, fig. 13).

Lors du premier essai, une grande partie des tubercules placés au pied de l'andain a survécu pendant les trois semaines de l'essai (fig. 14). Par contre, pratiquement aucun tubercule placé au pied de l'andain n'a survécu trois semaines lors du deuxième essai (fig. 14). Ceci vient certainement du fait que la température au pied de l'andain était notablement plus élevée lors du deuxième essai (fig. 12). Les tubercules placés dans les sachets en nylon ont tendanciuellement moins bien survécu que ceux placés dans les sachets en plastique, mais aucune différence significative n'a été observée.

Aucun tubercule placé au milieu de l'andain ou dans le haut de l'andain n'a survécu au processus de compostage (fig. 14). Tous étaient tués après déjà une semaine de compostage.

Essai de compostage en bord de champ à Stein (AG)

La température au pied de l'andain en bord de champ (pratiquement constamment en dessous de 15°C) était notablement plus basse que celle de l'andain tabulaire (fig. 16). Les températures au milieu et en haut de l'andain étaient, pour tous les échantillons, de 60°C ou plus pendant au moins une semaine (fig. 16).

Comme pour les essais en andain tabulaire, l'humidité du matériel végétal était optimale à élevée (teneurs en MS comprises entre 35 et 50%, fig. 17).

La plupart des tubercules placés en bas de l'andain ont survécu au processus de compostage; à noter toutefois que les tubercules dans les sachets en nylon ont quelque peu moins bien survécu que ceux dans les sachets plastiques (fig. 18). Tous les tubercules placés au milieu ou dans le haut de l'andain étaient inactivés après déjà une semaine de compostage (fig. 18).

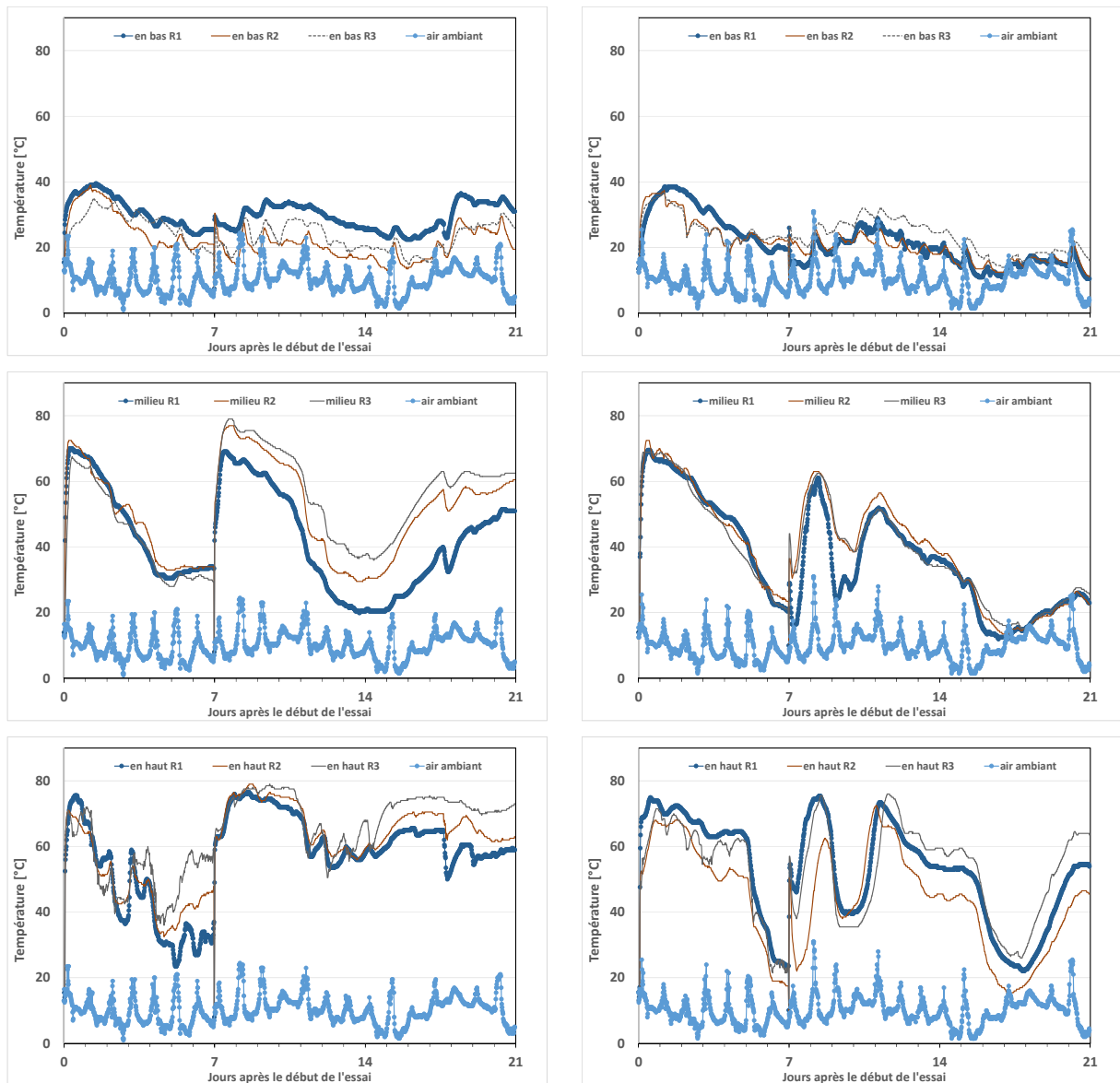


Fig. 9. Développement de la température dans un andain en bord de champ (Stein-AG) lors des essais de compostage de rhizomes de la renouée du Japon. A gauche : 1^{er} essai. A droite, 2^{ème} essai. En bas: au pied de l'andain, 10 cm à l'intérieur. Au milieu: à environ 50 cm de hauteur et 50 cm à l'intérieur de l'andain. En haut : à environ 100 cm de hauteur et 100 cm à l'intérieur de l'andain.

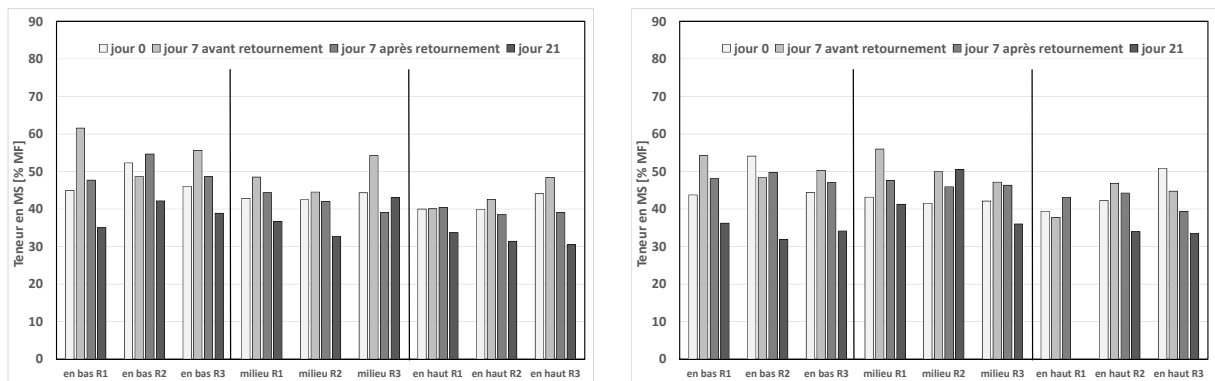


Fig. 10. Evolution du taux d'humidité de la matière organique dans l'andain en bord de champ (Stein-AG) pendant les essais de compostage de la renouée du Japon. A gauche : 1^{er} essai. A droite : 2^{ème} essai.

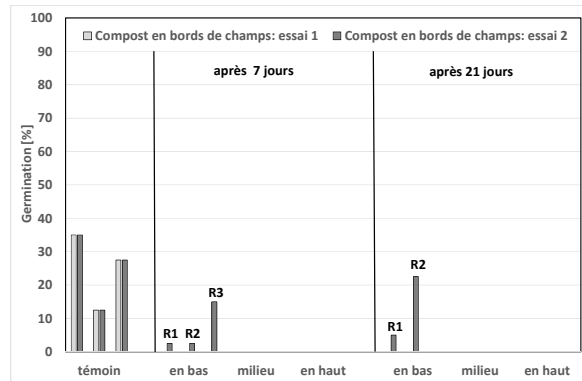


Fig. 11. Taux de survie des rhizomes de renouée du Japon pendant leur compostage dans un andain en bord de champ à Stein (AG). Rhizomes emballés dans des sachets en nylon perméables. Chaque colonne représente une répétition (R).
 En bas: au pied de l'andain, 10 cm à l'intérieur. Au milieu: à environ 50 cm de hauteur et 50 cm à l'intérieur de l'andain. En haut : à environ 100 cm de hauteur et 100 cm à l'intérieur de l'andain.

3.3.2. Essais de méthanisation

Réacteur de laboratoire ZHAW, Wädenswil (ZH)

Le pouvoir germinatif des tubercules « témoin » conservés dans les sachets en plastiques était compris entre 70 et 80%. Ceux stockés dans les sachets en nylon avaient une germination approchant les 100%.

Des tubercules (cultivés au FiBL) qui étaient emballés dans des sachets en nylon, ont gardé un pouvoir germinatif compris entre 80 et 100% après une semaine de méthanisation à 37°C (fig. 19). Après une période d'exposition en conditions mésophiles de trois semaines, ils ont toutefois perdu 100% de leur pouvoir germinatif (fig. 19 à gauche). Les tubercules emballés dans les sachets plastiques hermétiques ont perdu, en conditions mésophiles, leur pouvoir germinatif déjà après 7 jours.

Les tubercules exposés à des températures de 55 °C ont complètement perdu leur pouvoir germinatif après 7 jours, qu'ils soient emballés dans les sachets hermétiques ou non. Aucune survie de souchet comestible n'a pu être constatée à cette température (fig. 19 à droite).

Système Kompoterm, Sugiez (FR)

Dans le système Kompoterm, pendant le processus, les températures étaient d'environ 50°C, aussi bien vers la porte du box que contre sa paroi (fig. 20). Après la durée de processus de trois semaines, tous les tubercules étaient inactivés (fig. 21).

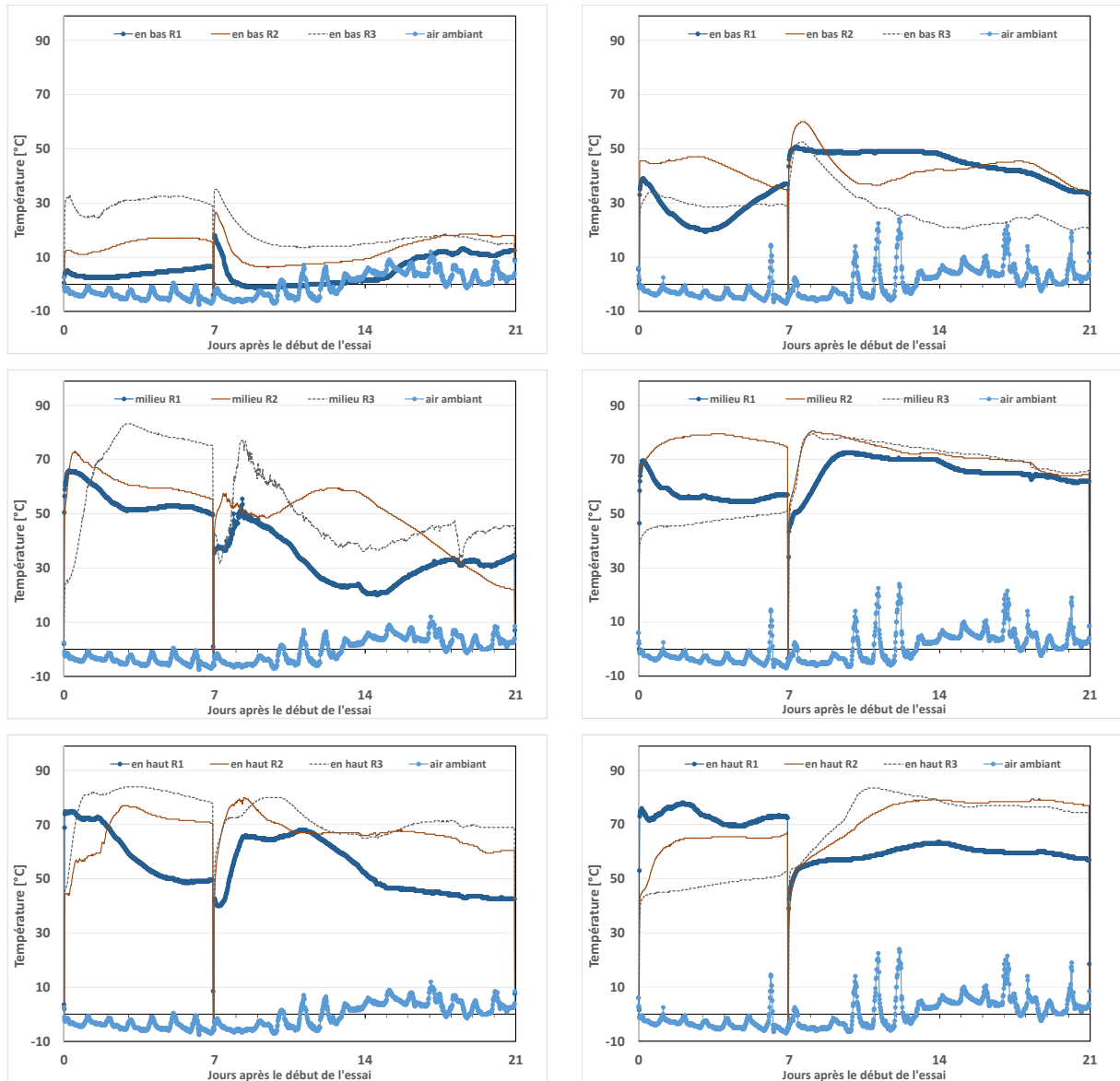


Fig. 12. Développement de la température dans un andain tabulaire (Leibstadt-AG) lors des essais de compostage des tubercules de souchet comestible.
 A gauche : 1^{er} essai. A droite, 2^{ème} essai. En bas: au pied de l'andain, 20 cm à l'intérieur. Au milieu: à environ 1 m de hauteur et 1 m à l'intérieur de l'andain. En haut : à environ 2 m de hauteur et 2 m à l'intérieur de l'andain

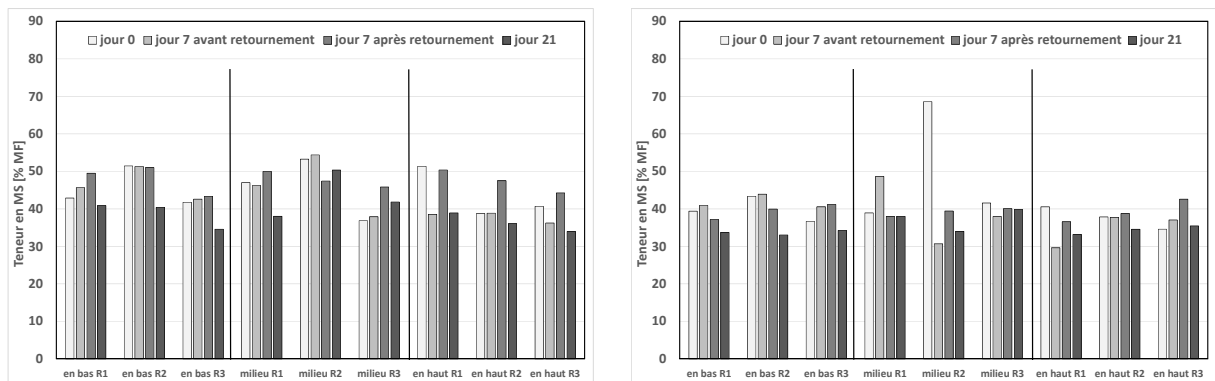


Fig. 13. Evolution du taux d'humidité de la matière organique dans l'andain tabulaire (Leibstadt-AG) pendant les essais de compostage du souchet comestible.
 A gauche : 1^{er} essai. A droite : 2^{ème} essai.

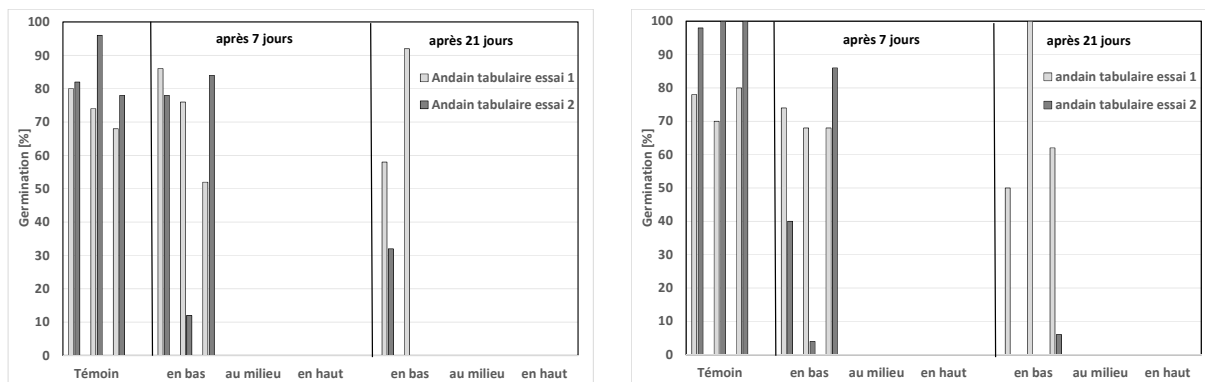


Fig. 14. Taux de survie des tubercules de souchet comestible pendant leur compostage dans un andain tabulaire à Leibstadt (AG).
 A gauche: rhizomes emballés dans des sachets en plastiques hermétiques. A droite : rhizomes emballés dans des sachets en nylon perméables. Chaque colonne représente une répétition (R).
 En bas: au pied de l'andain, 20 cm à l'intérieur. Au milieu: à environ 1 m de hauteur et 1 m à l'intérieur de l'andain. En haut : à environ 2 m de hauteur et 2 m à l'intérieur de l'andain.



Fig. 15. Survie des tubercules de souchet comestible après trois semaines de compostage dans un andain en bord de champ à Stein (AG).

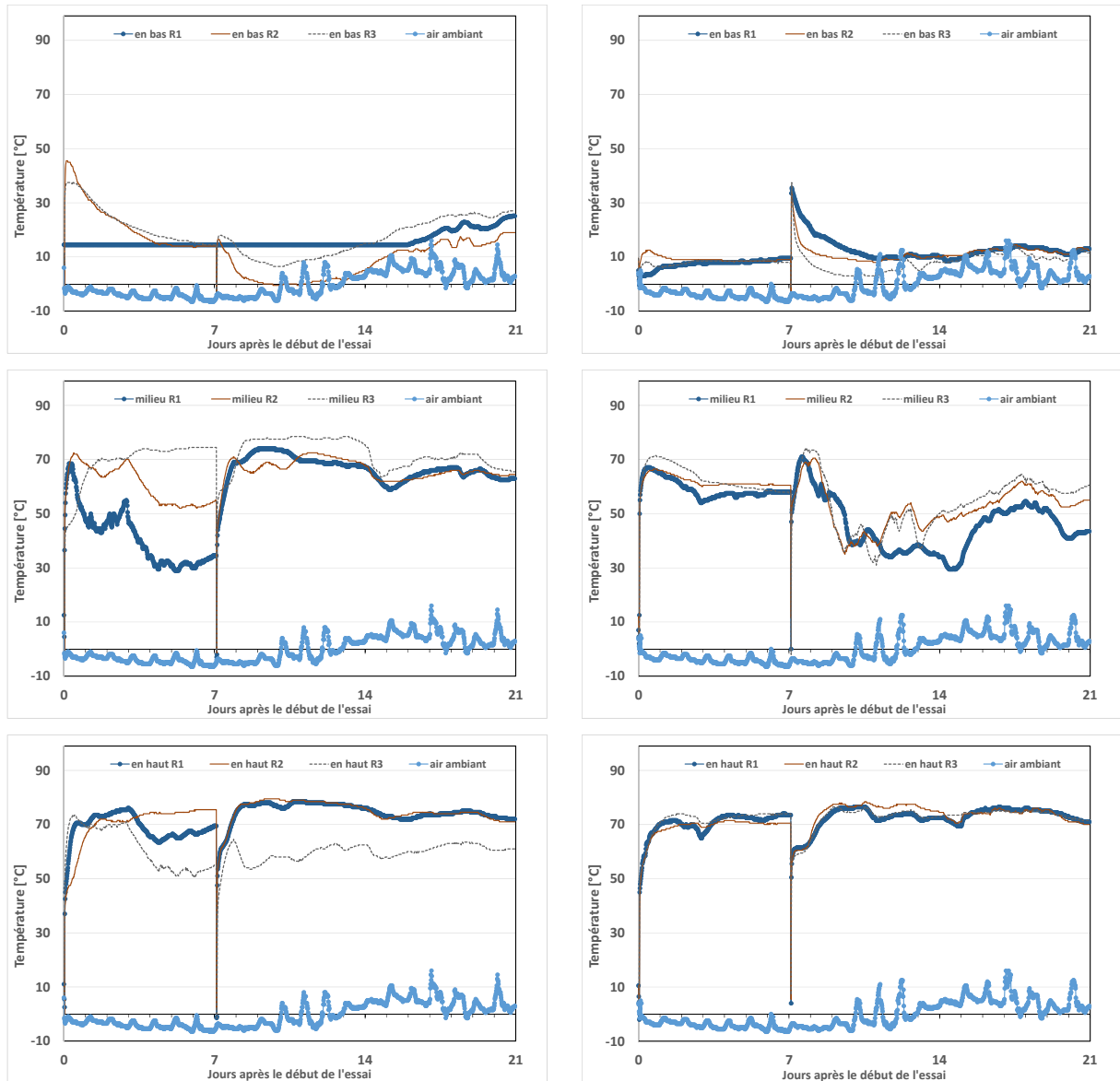


Fig. 16. Développement de la température dans un andain en bord de champ (Stein-AG) lors des essais de compostage de tubercules de souchet comestible.
 A gauche : 1^{er} essai. A droite, 2^{ème} essai. En bas: au pied de l'andain, 10 cm à l'intérieur. Au milieu: à environ 50 cm de hauteur et 50 cm à l'intérieur de l'andain. En haut : à environ 100 cm de hauteur et 100 cm à l'intérieur de l'andain.

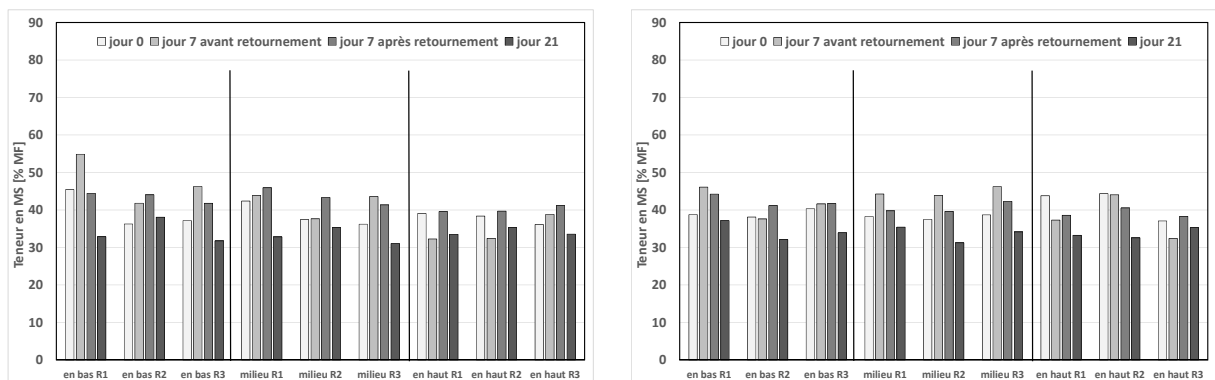


Fig. 17. Evolution du taux d'humidité de la matière organique dans l'andain en bord de champ (Stein-AG) pendant les essais de compostage du souchet comestible.
 A gauche : 1^{er} essai. A droite : 2^{ème} essai.

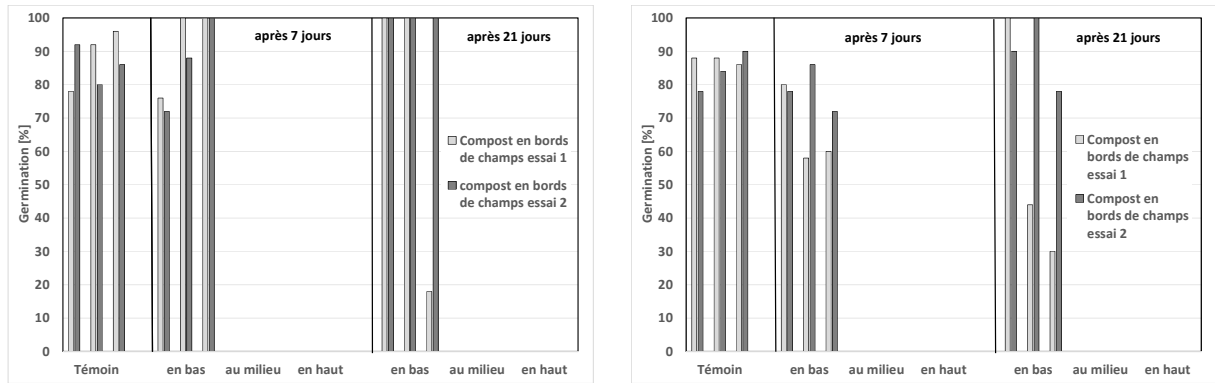


Fig. 18. Taux de survie des tubercules de souchet comestible pendant leur compostage dans un andain en bord de champ à Stein (AG). Rhizomes emballés dans des sachets en nylon perméables. Chaque colonne représente une répétition (R).
En bas: au pied de l'andain, 10 cm à l'intérieur. Au milieu: à environ 50 cm de hauteur et 50 cm à l'intérieur de l'andain. En haut : à environ 100 cm de hauteur et 100 cm à l'intérieur de l'andain.

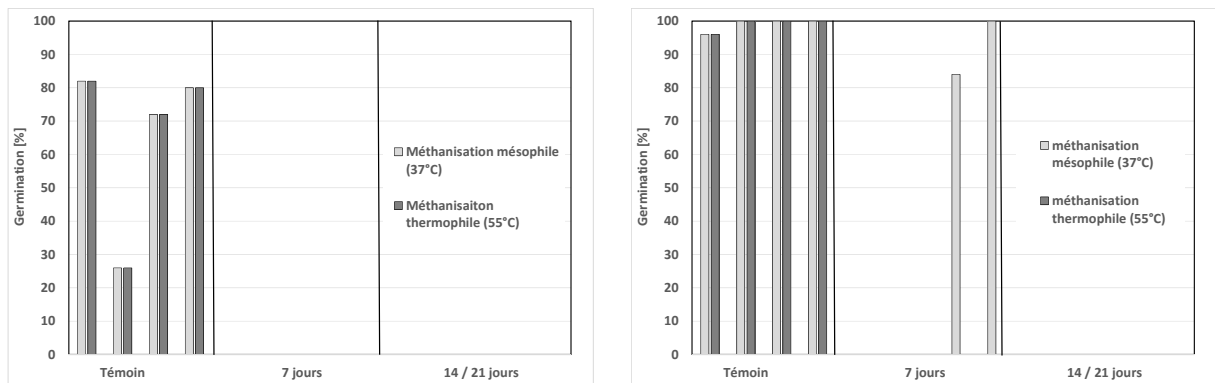


Fig. 19. Taux de survie des tubercules de souchet comestible pendant leur méthanisation dans un réacteur de laboratoire ZHAW.
A gauche : tubercules emballés dans des sachets en plastiques hermétiques. A droite : tubercules emballés dans des sachets en nylon perméables. Chaque colonne représente une répétition (R).

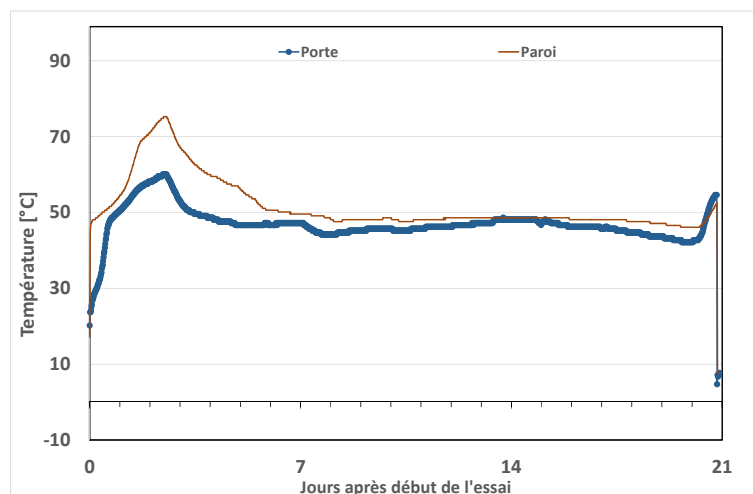


Fig. 20. Evolution de la température dans le système de méthanisation Komposterm à Sugiez (FR) lors de l'essai de méthanisation des tubercules de souchet comestible.

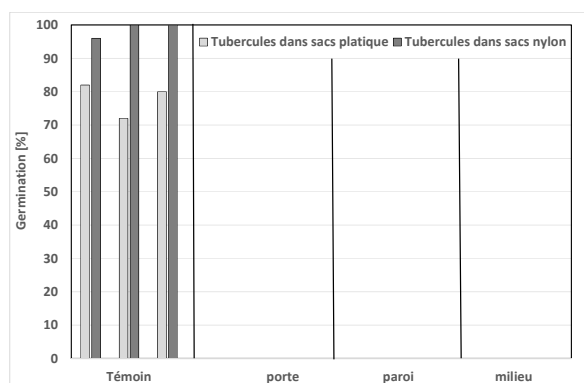


Fig. 21. Taux de survie des tubercules de souchet comestible pendant leur méthanisation dans l'installation de méthanisation en box (système Kompoterm, Sugiez-FR). Porte : tubercules placés directement vers la porte du box. Paroi : tubercules placés contre la paroi du box. Milieu : tubercules placés au milieu du le matériel organique traité. Chaque colonne représente une répétition (R).

4. Discussion des résultats

Aussi bien les rhizomes de renouée du Japon que les tubercules de souchet comestible ont été, dans les conditions des essais, inactivés par un processus de compostage ou de méthanisation.

Le point faible du compostage est le pied de l'andain. Surtout dans le système de compostage en bord de champ, la température qui y règne est insuffisante pour assurer une destruction des rhizomes de renouée du Japon ou des tubercules de souchet comestible. Toutefois, suite aux brassages des tas de compost, chaque particule de matériel organique passe une fois au moins par le milieu de l'andain où les rhizomes et les tubercules sont rapidement inactivés.

Dans le système de compostage en bord de champ, il n'y a toutefois pas de délimitation nette entre l'andain et le sol du champ. Ainsi, le danger existe que quelques bouts de rhizomes ou quelques tubercules se retrouvent dans le sol et qu'ils puissent germer après l'enlèvement de l'andain. Pour des déchets organiques usuels, qui ne contiennent guère de rhizomes ou de tubercules, le risque de contamination du champ avec de la renouée du Japon ou du souchet comestible est cependant extrêmement faible. Pour le compostage en bord de champ, deux mesures de précaution devraient être prises :

- Aucun matériel végétal contaminé de manière avérée avec de la renouée du Japon ou du souchet comestible ne devrait être composté en bord de champ.
- Les emplacements des andains devraient être régulièrement contrôlés afin de constater le plus vite possible la croissance éventuelle d'une plante problématique et de pouvoir l'éliminer aussitôt. Ces contrôles doivent être poursuivis au minimum un à deux ans après l'épandage de l'andain.

Lors de la méthanisation thermophile (55°C), tous les rhizomes et tubercules ont été éliminés en l'espace d'une semaine.

Lors de la méthanisation mésophile (37°C), les rhizomes de renouée de Japon ont également été inactivés en une semaine ; quelques tubercules ont toutefois pu y survivre durant une semaine, mais ils étaient tous inactivés au bout de trois semaines. Avec des

durées de rétention usuelles qui sont beaucoup plus longues dans la pratique, la méthanisation de renouée du Japon ou de souchet comestible ne devrait pas être problématique. Dans les fermenteurs intimement mélangés, comme cela est la règle en agriculture, une (petite) part de court-circuit entre l'entrée et la sortie ne peut pas être complètement exclue (Baier et al., 2010³). De ce fait, il est conseillé de différer dans le temps les périodes de remplissage du fermenteur et de prélèvement du digestat, ce qui garantit une durée minimale de présence dans le réacteur (Baier et al., 2010).

4.1 Conduite de l'exploitation selon les bonnes pratiques

Une conduite de l'exploitation selon les bonnes pratiques est la condition pour éviter les risques de propagation de souchet comestible et de la renouée du Japon par l'épandage de compost ou de digestat. Ceci signifie :

- Organisation optimale de l'installation, afin d'éviter tout risque de court-circuit des matières traitées
 - Séparation claire entre les produits organiques frais, les matières en cours de processus et les produits finis stockés
 - Ne pas employer la même machine (par exemple le trax) pour déplacer parallèlement des matières fraîches et des produits finis. Entre les deux opérations, les machines (par exemple la benne) doivent être lavées à fond.
- Conduite du processus selon les règles de l'art :
 - Réalisation d'un mélange de départ des matières organiques optimal pour le système de traitement
 - Régulation de la teneur en humidité et de la composition de l'air dans le matériel en traitement pendant tout le processus
 - Lors du processus, effectuer des brassages réguliers et corrects des andains :
 - Lors des brassages, prendre la matière proprement jusqu'au niveau du sol
 - Nettoyer les régions limitrophes de l'andain (pied et extrémités) et mettre les matières ainsi récoltées sur l'andain.
 - Conduire un protocole précis de la conduite du processus : mesures régulières de la température de l'andain, date des brassages, évaluation du taux d'humidité de l'andain, ajout de restes organiques, ajout de liquide (type et quantité), ...
- Réalisation de mélanges de terre:
 - S'assurer que tous les composants du mélange ne contiennent pas d'agents pathogènes ou de matériels végétaux indésirables (comme du souchet comestible ou de la renouée du Japon). Ceci est particulièrement important lors d'ajout de terre des champs après le processus de compostage.

³ Baier U., Warthmann, R. und Schleiss K. 2010. Vergärungs- & Kompostierungsanlagen als Hygienebarrieren. Studie im Auftrag vom AWEL (Amt für Abfall, Wasser, Energie & Luft Kt ZH) und vom BLW (Bundesamt für Landwirtschaft), www.awel.zh.ch, 42pp.

4.2 Conclusions

Les résultats obtenus lors du présent projet montrent clairement qu'une dissémination de souchet comestible ou de renouée du Japon par du digestat ou du compost peut être empêchée de manière sûre si les opérations de méthanisation ou de compostage sont réalisées selon les règles de l'art. Le compostage agricole en bords de champs est ici à considérer de manière critique. En effet, on peut s'attendre, dans ce système de compostage, que les conditions nécessaires à la destruction de ces plantes (durée d'exposition à des températures suffisantes) ne soient pas garanties pour certaines zones de l'andain (à cause du manque de délimitation nette entre l'andain et le sol). Important pour le contrôle de l'interruption de la chaîne de contamination est, pour tous les types d'installations, la traçabilité, c'est-à-dire la documentation précise et complète des températures ainsi que des produits entrants et sortants.

De plus, il faut assurer qu'un court-circuit entre les intrants frais (déchets verts) et les produits sortants (digestat, compost) soit évité; ceci est particulièrement important en relation avec des matières contenant des néophytes. Ceci est essentiel aussi bien pour les tas de stockage des intrants et des sortants, le transport et les court-circuits hydrauliques dans l'installation de méthanisation mésophiles.

Jacques G. Fuchs

Chef de projet, FiBL

Hansueli Dierauer (FiBL), Matthias Klais (FiBL), Mathias Ludwig (FiBL), Britta Hölzel (ZHAW), Urs Baier (ZHAW), Lutz Collet (institut agricole du canton de Fribourg)

En août 2017

Remerciements

Les auteurs de cette étude tiennent à remercier les institutions suivantes qui ont financé ce projet:

- Cantons de Berne, Fribourg, Vaud et Zurich
- Les maraîchers des cantons de Berne et Fribourg (GVBF)
- Bio Suisse
- Les installations de compostage de Seeland AG et Leureko AG

De même, les auteurs remercient les personnes et institutions suivantes pour leur soutien technique lors de la réalisation des essais:

- Installation de compostage de Leibstadt (Leureko AG)
- Installation de compostage en bord de champ de Stein (Käser Beat et Rolf)
- Installation de compostage et de méthanisation de Sugiez (Seeland AG)
- Max Baladou (office technique maraîcher VD) et Lutz Collet (institut agricole du canton de Fribourg) pour l'organisation des tubercules de souchet comestible.