Institut de recherche de l'agriculture biologique FiBL
info.suisse@fibl.org, www.fibl.org

Les engrais organiques: lesquels choisir ?

Jacques G. Fuchs

Engrais organiques: Renforcer la fertilité du sol. Cours AGRIDEA 20.319

Lavigny, 1er octobre 2020

Les engrais organiques: lesquels choisir ?

- Introduction (fertilité des sols, humus)
- Sources possibles de biomasses pour les sols
- Caractéristiques, avantages et inconvénients des différents processus
- Survie des adventices pendant le compostage et la méthanisation
- Choix des sources de biomasse appropriées
- Évaluation de la qualité des engrais organiques par des moyens simples
- Conclusion

Introduction (fertilité des sols, humus)

Introduction (fertilité des sols, humus)

- Fertilité du sol : caractéristique des sols vivants
- Un sol fertile: apporte régulièrement de bons rendements
- Propriétés physiques
  - Espaces de vie et de travail pour les organismes du sol et aux racines des plantes, avec un apport suffisant d'oxygène
  - Bonne structure du sol: stabilisée et portante, sans compactage
- Propriétés chimiques
  - Nutriments, polluants
  - Apport aux plantes de tous les éléments chimiques et composés organiques nécessaires
- Propriétés biologiques
  - Activités de transformation des éléments chimiques (p.ex. minéralisation)
  - Auto-régulation de l'équilibre écologique
  - Animaux, plantes, microorganismes

Introduction (fertilité des sols, humus)

- Composition du sol (selon LANUV NRW 2012)
  - Matière inorganique: 95%
    - 45% matière minérale
    - 25% d'eau
    - 25% d'air
  - Matière organique: 5%
    - 80% d'humus et de substances végétales mortes
    - 15% de racines vivantes
    - 5% d'organismes vivants
      - 40% de champignons
      - 20% de bactéries
      - 20% d'actinomycètes
      - 12% de vers de terre
      - 2% de microfaune, 1% d'algues, 5% d'autres

Introduction (fertilité des sols, humus)

- Humus
  - Teneur en carbone: environ 58%
  - Formation d'humus dans le sol. Important pour:
    - assurer une multitude de fonctions biologiques et écologiques des sols
    - la formation et la préservation de la structure du sol
    - Le stockage du carbone
  - Humus nutritif (fraction d'humus labile) et humus durable (fraction d'humus stable)

Sources possibles de biomasses pour les sols

Sources possibles de biomasses pour les sols

- Engrais verts

  - Buts : Amélioration de la structure du sol, réduction des maladies liées à la rotation des cultures, fixation des éléments nutritifs (N), formation d'humus, contrôle de l'érosion en hiver, activation de l'activité biologique du sol.
  - Aucun engrais vert ne répond à toutes les exigences et à tous les souhaits. Sélectionner les plantes appropriées pour chaque objectif.

Sources possibles de biomasses pour les sols

- Engrais verts

Les engrais verts et leurs effets

Type d'engrais vert/ de mélange	Humi-fication	Apport d'azote pour la culture suivante	Ameu-blisse-ment profond	Protection contre l'érosion pendant l'hiver	Préven-tion des ravageurs et mala-dies [1]	Étouffe-ment des adven-tices	Remarques
Prairie de gra-minées et de légumineuses jusqu'à 1.5 an	●●●○	●●●○	●●○○	●●●●	●○○○	●●●○	Étouffe les chardons et les liserons, favorise les rumex. Risque de ver fil de fer dans la culture suivante. Bonne colonisation racinaire profonde avec la luzerne.
Graminées pures (<9 mois)	●●●○	●○○○	●●○○	●●●○	●●●○	●●●○	Ne sont pas hôtes des nématodes cécidogènes des racines et de nombreuses maladies de rota-tion des cultures sarclées et maraîchères.
Mélanges de trèfles et de luzerne (<9 mois)	●●●○	●●●●	●●●○	●●●○	●○○○	●○○○	Sont de bons engrais verts entre les céréales et le maïs. Longues durées d'utilisation possibles.
Lupin, féverole (jusqu'à la floraison)	●○○○	●●●●	●●●○	●○○○	●○○○	●○○○	Sensibles à de nombreuses espèces de néma-todes, peu de problèmes de ver fil de fer dans la culture suivante. Les lupins ont besoin de chaleur. Peu adéquats s'il y a des légumineuses comme cultures principales.
Pois, vesces (jusqu'à la floraison)	●○○○	●●●●	●○○○	●○○○	●○○○	●●○○	Les pois ont besoin de peu de chaleur et peuvent hiverner. Les vesces selon le type. Les pois ne conviennent pas s'il y en a comme culture princi-pale, les vesces seulement sous certaines condi-tions.
Phacélie (jus-qu'à la floraison)	●○○○	●○○○	●○○○	●○○○	●○○○	●●●○	Aucun lien de parenté avec les autres cultures. « Gain d'azote » par empêchement du lessivage.
Radis oléifère	●○○○	●○○○	●●●○	●○○○	●●●○	●●●○	Pas pour les rotations avec crucifères, ameublis-sement profond seulement en cas de temps de séjour prolongé. « Gain d'azote » par empêchement du lessivage. Effet d'assainissement (nématodes) selon les variétés.

Légende : ○○○○ = Aucun effet ; ●●●●● = Effet très fort ; [1] Focalisation sur les maladies à large spectre d'hôtes et sur les nématodes.

Sources possibles de biomasses pour les sols

- Silage

  - Buts: Amélioration de l'effet fertilisant, amélioration de la structure du sol, formation d'humus.
  - Matière organique non encore stabilisée, selon la source végétale bon effet fertilisant (également N).

Sources possibles de biomasses pour les sols

- Lisier / lisier méthanisé

  - But: fertilisation.
  - Peu d'effet direct sur la formation de l'humus (même plutôt négatif si mal utilisé).
  - Lisier méthanisé : effet d'azote plus important, risques de perte de NH_3 plus élevé, moins d'émissions d'odeurs dérangeantes, moins de graines de mauvaises herbes viables, favorisation des vers de

Sources possibles de biomasses pour les sols

- Fumier / fumier méthanisé / fumier composté

  - Buts: Amélioration de l'effet fertilisant, formation d'humus, amélioration de la structure du sol.
  - Les caractéristiques du fumier peuvent varier considérablement (selon le type de bétail, le système d'élevage, le traitement du fumier, etc.)

Sources possibles de biomasses pour les sols

- Fumier / fumier méthanisé
  - Comparaison fumier / fumier composté

	Fumier de stabulation / fumier en tas	Fumier composté
Avantages	• Bon effet azoté à cours terme (si pas trop paillu) • Demande peu de soins pour le préparer	• Meilleure utilisation de l'azote • Agit positivement sur la formation d'azote • Effet fertilisant à long terme • Favorise l'activité biologique du sol • Moins de quantité à épandre • Pas de mauvaises herbes et de pathogènes • Bien compatible avec les plantes
Inconvéniants	• Pertes d'azote ammoniacal lors de l'épandage • Beaucoup de paille peut provoquer un blocage de l'azote • Formation de substances de décomposition phytotoxiques	• Pertes d'azote pendant le compostage (dépendant du système utilisé et de sa gestion) • Minéralisation des éléments fertilisants plus lente (au printemps) • Demande de travail conséquente pour sa préparation

Berner et Messerli, 2009

Sources possibles de biomasses pour les sols

- BRF (bois raméal fragmenté)

  - Buts: Amélioration de l'effet fertilisant, formation d'humus, amélioration de la structure du sol, activation de l'activité des champignons telluriques.
  - Tout ce qui est proposé comme BRF n'est pas du BRF. Seules les rameaux jeunes de feuillus doivent être utilisées pour ce produit (avec seulement de la lignine très jeune).
  - Risques de blocage de N dans les premiers mois suivant l'application (surtout au printemps)

Sources possibles de biomasses pour les sols

- Compost de déchets verts

  - Buts: Formation d'humus, amélioration de la structure du sol, protection des plantes contre les maladies, fertilisation (mais pas N).
  - Les caractéristiques des composts peuvent varier considérablement (selon composition, gestion du processus, degré de maturité, stockage, ...).
  - La qualité du compost choisi doit être en rapport avec les objectifs de l'application !

Sources possibles de biomasses pour les sols

- Digestats (liquides / solides)

  - Buts: Effet fertilisant (aussi N), activation de l'activité microbiologique des sols, amélioration de la structure du sol (digestat solide).
  - Digestat liquide: pas d'amélioration directe de la teneur en humus du sol.
  - Digestats: produis pas encore stabilisés (seulement un produit de décomposition, pas de phase de maturation avec formation de formes d'humus stables !

Sources possibles de biomasses pour les sols

- Charbon végétal

- Buts: Amélioration du sol, amélioration de la capacité de rétention en eau du sol, détoxification du sol, puit de carbone.
- En Suisse, seul le biochar issu de la pyrolyse de bois pur est actuellement autorisé pour l'agriculture.
- Seul le biochar "activé" (chargé en éléments fertilisants) est à appliquer (sinon risques de blocage des nutriments dans le sol)

Caractéristiques, avantages et inconvénients des différents processus

Caractéristiques, avantages et inconvénients des différents processus

- Compostage de surface

  - Broyage et incorporation en surface de matière organique (restes de culture, cultures intermédiaires, …).
  - Seulement sensé si réalisé avec matière de la propre parcelle.
  - Activation de l'activité biologique du sol.
  - Libération de fertilisants (aussi d'azote disponible)

Caractéristiques, avantages et inconvénients des différents processus

- Compostage de surface

  - Pas de processus d'hygiénisation (en général peu de montée en température):
    - prudence en cas de présence d'adventices problématiques ou d'agents pathogènes.
    - le transport de matière sur d'autres parcelles est problématique.
  - Effet de reproduction de Corg: 14-25% (dépendant du matériel, / âges des plantes, …)

Caractéristiques, avantages et inconvénients des différents processus

- Compostage de surface

  - Assurance qualité: dépend du matériel organique / de la culture broyée
  - Relativement peu exigeant en travail

Caractéristiques, avantages et inconvénients des différents processus

- Fermentation

  - Broyage du matériel organique et fermentation en absence d'oxygène
  - EM: processus contrôlé avec des bactéries lactiques et des levures
  - Ensilage
  - Carbonisation microbielle (MC)

Caractéristiques, avantages et inconvénients des différents processus

- Fermentation

  - Conservation de la biomasse végétale
  - Hygiénisation partielle (pas de montée en température): importance du choix des matières utilisées (doivent être hygiéniquement inoffensives)
  - En CH, ne remplissent pas les conditions pour le traitement des déchets verts

Caractéristiques, avantages et inconvénients des différents processus

- Fermentation

  - Suivant les matières organiques utilisées: relativement bonne libération d'éléments fertilisants (aussi N disponible).
  - Matière pas encore stabilisée: décomposition dans le sol.
  - Activation de l'activité biologique du sol.
  - Effet de reproduction de Corg: 20-30%

Caractéristiques, avantages et inconvénients des différents processus

- Fermentation

  - Assurance qualité: dépend de la gestion du processus.
  - Homogénéité de la matière souvent insuffisante (par ex. MC), car la matière n'est pas brassée pendant le processus.
  - Suivant le processus utilisé: relativement peu de demande de travail

Caractéristiques, avantages et inconvénients des différents processus

- Méthanisation

  - Matière organique broyée puis méthanisée en absence d'oxygène; production de méthane (biogaz).
  - Méthanisation thermophile: hygiénisation OK.
  - Méthanisation mésophile: hygiène bonne pour la majorité des adventices, mais insuffisante pour de nombreux pathogènes végétaux et humains : pasteurisation du matériel douteux (comme lavures) exigée par la loi.

Caractéristiques, avantages et inconvénients des différents processus

- Méthanisation

  - Les matières ligneuses (bois) pas dégradé lors de la méthanisation.
  - Méthanisation: dégradation de la matière organique peu stable.
  - Pas d'élaboration de formes d'humus stable.
  - Lisier méthanisé / digestat: contiennent beaucoup d'éléments fertilisants facilement assimilables (entre autres l'azote)

Caractéristiques, avantages et inconvénients des différents processus

- Méthanisation

  - Effet de reproduction de Corg: 15-20% pour produits liquides, 30-35% pour produits solides.
  - Produits relativement homogènes (la matière est régulièrement brassée)
  - La décomposition de matières plus résistantes (comme la lignine) et l'élaboration de formes d'humus stables se fait dans le sol: activation de l'activité biologique du sol.

Caractéristiques, avantages et inconvénients des différents processus

- Méthanisation

  - Assurance qualité: dépend de la gestion du processus.
  - Méthanisation de matériel de tournées vertes d'agglomérations: problèmes avec matières indésirables (comme plastiques)
  - Importantes demandes en travail et investissements.
  - Coûts des produits couverts en grande partie avec les taxes d'entrées et la venter de l'énergie.

Caractéristiques, avantages et inconvénients des différents processus

- Compostage

  - Matière organique broyée puis compostée en présence d'oxygène.
  - Hygiénisation: OK si le processus est bien maîtrisé et les court-circuits de matières exclu sur l'installation.
  - Homogénéité des produits en général assurée (le compost est régulièrement brassé).

Caractéristiques, avantages et inconvénients des différents processus

- Compostage

  - Apport d'éléments fertilisants (P, K, Mg, Ca).
  - L'azote est le plus souvent peu disponible pour les plantes (fixé dans la matière organique); suivant les intrants et le degré de maturité du compost, on peut même observé des blocages temporaires de l'azote du sol.

Caractéristiques, avantages et inconvénients des différents processus

- Compostage

  - Effet de reproduction de Corg: 40-45% pour les composts jeunes, 50% pour le compost mûr (dépand aussi de la composition des intrants).
  - Compost de bonne qualité: bon potentiel de protection des plantes contre les maladies.
  - Assurance qualité: dans les mains du maître-composteur.

Caractéristiques, avantages et inconvénients des différents processus

- Compostage

  - Importantes demandes en travail et investissements. Plus les exigences de qualité sont élevée (maturation, granulométrie), plus le processus est exigeant en demande de travail et en investissements (et plus le produit final est cher).
  - Composts agricoles (composts jeunes): les taxes de décharge couvre une grande partie des coûts de production.
  - Composts horticoles (compost mûrs): le surplus de travail doit être couvert avec la vente du produit.

Caractéristiques, avantages et inconvénients des différents processus

- Pyrolyse (production de charbon végétal)

  - La matière organique (copeaux de bois) est pyrolysée en absence d'oxygène à des températures supérieures à 550°C. Les produits obtenus sont du charbon végétal et de l'énergie.
  - Hygiénisation: OK.
  - Produit très stable aussi après utilisation dans le sol.

Caractéristiques, avantages et inconvénients des différents processus

- Pyrolyse (production de charbon végétal)

  - Amélioration de la capacité de rétention en eau des sols.
  - Offre une grand surface d'échanges de ions dans le sol.
  - Fixe des quantités importantes de carbone dans le sol.
  - Doit être activé avant utilisation (chargé d'éléments fertilisants), sinon peut provoquer des immobilisations d'éléments fertilisants dans le sol.

Caractéristiques, avantages et inconvénients des différents processus

- Pyrolyse (production de charbon végétal)

  - Produit très homogène (si le processus est maîtrisé).
  - Nécessite des investissements relativement importants.
  - Produit actuellement relativement cher. Avec l'augmentation des installations, ces prix pourraient significativement baisser à l'avenir.
  - Effet de reproduction de Corg: 90-95%.

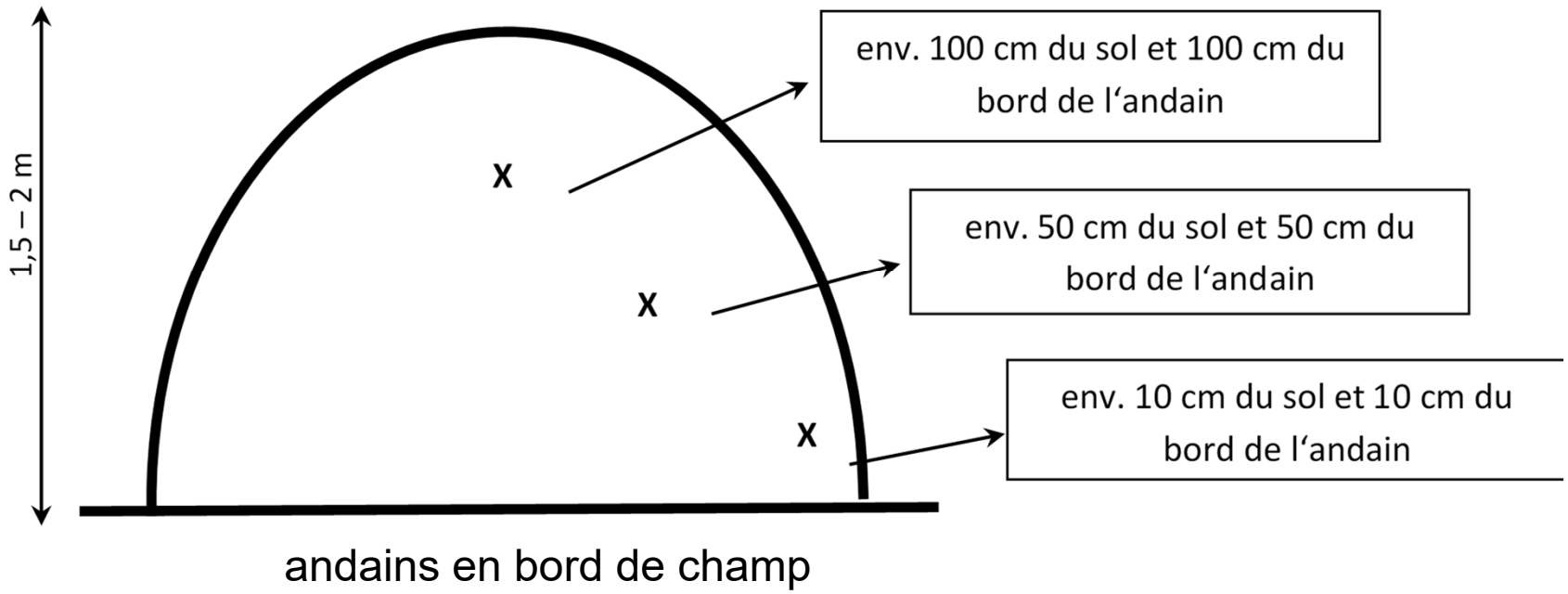
Survie des adventices pendant le compostage et la méthanisation

Survie des adventices pendant le compostage et la méthanisation

- La température est un facteur important dans l'hygiénisation naturelle pendant la fermentation et le compostage.
- Cependant, les réactions chimiques et les processus biologiques jouent également un rôle important dans la destruction des agents pathogènes et des mauvaises herbes.
- Les capacités de survie de divers agents pathogènes et adventices varient grandement.
- En ce qui concerne la question de l'hygiène du compostage/de la fermentation, il est important non seulement le processus de compostage lui-même, mais aussi la gestion complète de l'installation (jusqu'à l'application du produit).

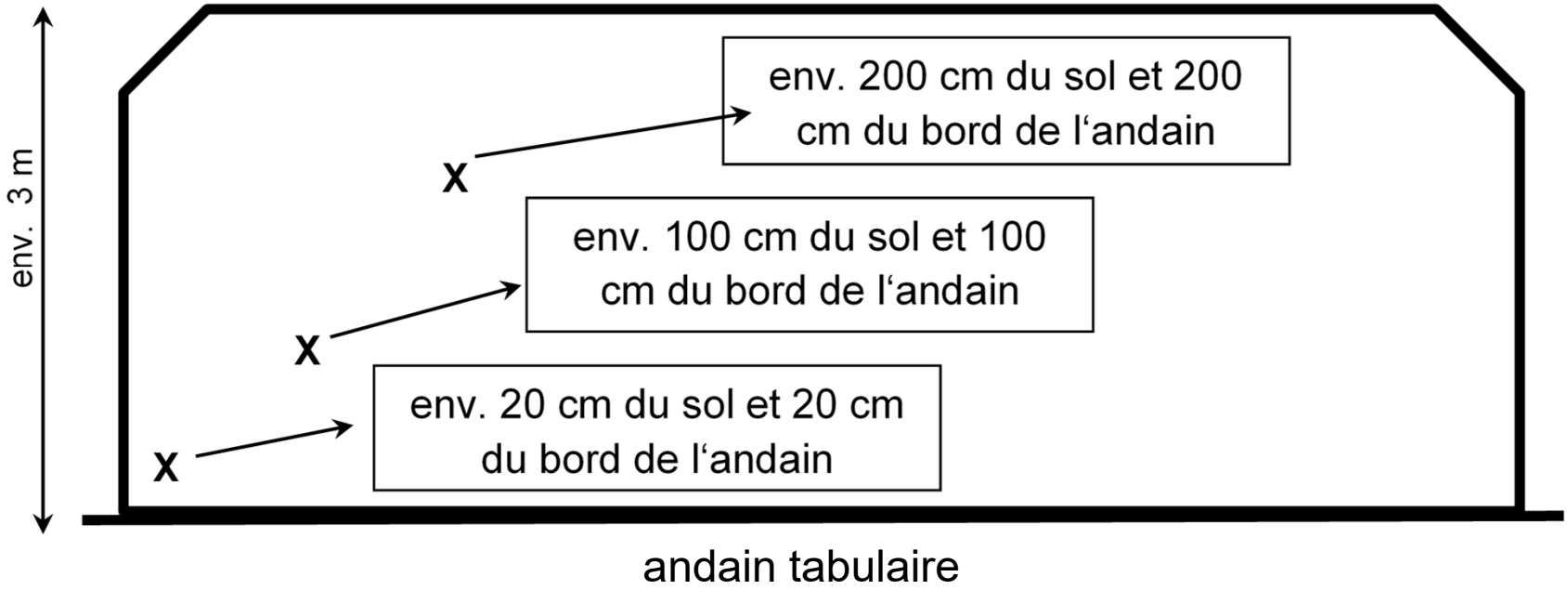
Survie des adventices pendant le compostage et la méthanisation

- Etude de la survie du souchet comestible et de la renouée du Japon lors du compostage (Fuchs et al., 2017)
  - Organisation des tests dans les conditions de la pratique



Survie des adventices pendant le compostage et la méthanisation

- Etude de la survie du souchet comestible et de la renouée du Japon lors du compostage (Fuchs et al., 2017)
  - Organisation des tests dans les conditions de la pratique



Survie des adventices pendant le compostage et la méthanisation

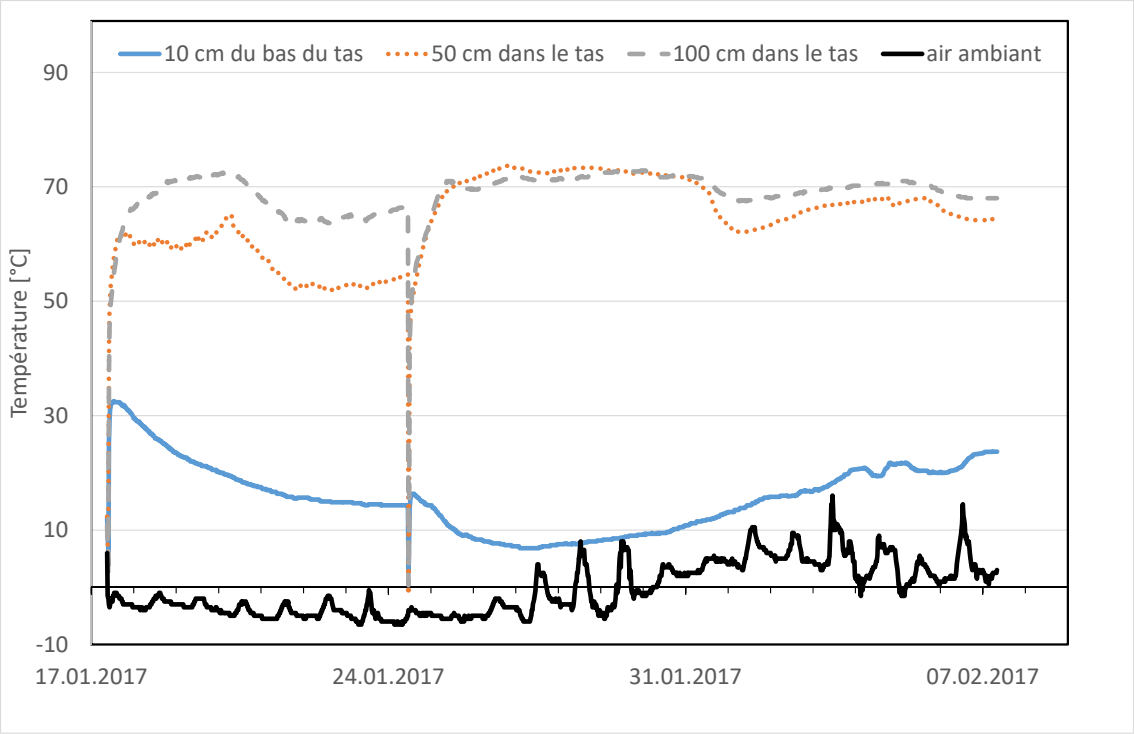
- Etude de la survie du souchet comestible et de la renouée du Japon lors du compostage (Fuchs et al., 2017)
  - Organisation des tests dans les conditions de la pratique

Survie des adventices pendant le compostage et la méthanisation

- Etude de la survie du souchet comestible et de la renouée du Japon lors du compostage (Fuchs et al., 2017)
  - Organisation des tests dans les conditions de la pratique

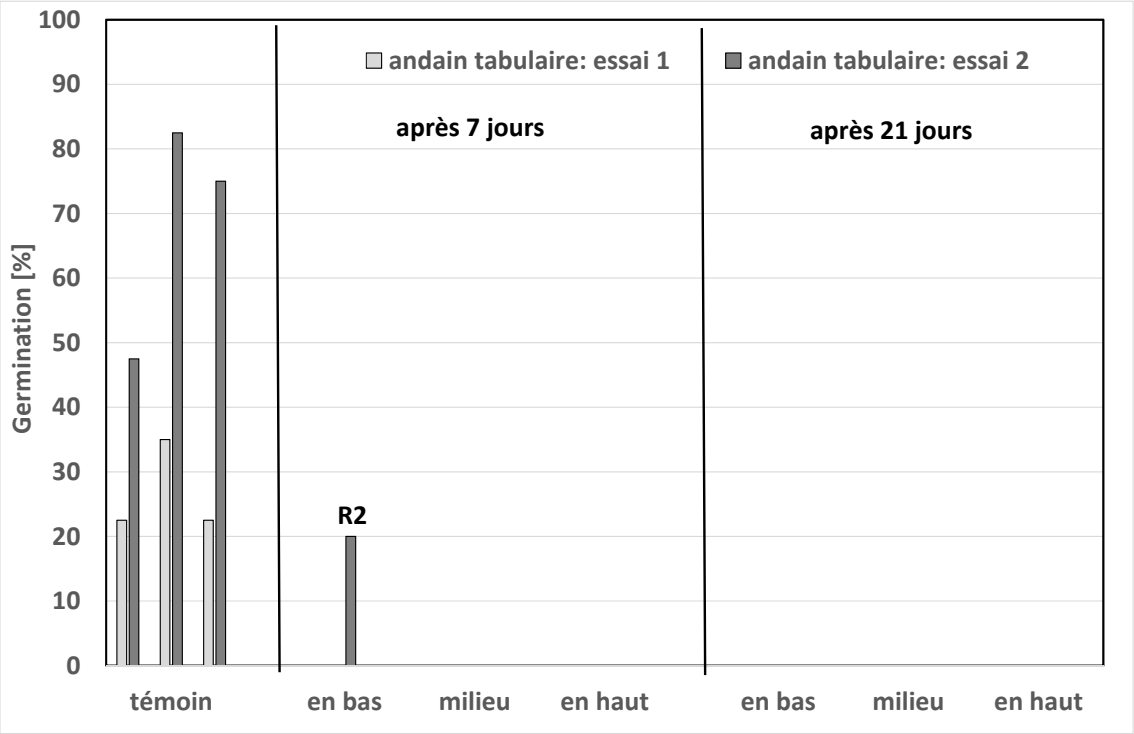
Survie des adventices pendant le compostage et la méthanisation

- Etude de la survie du souchet comestible et de la renouée du Japon lors du compostage (Fuchs et al., 2017)
  - Résultats compostage en bord de champ



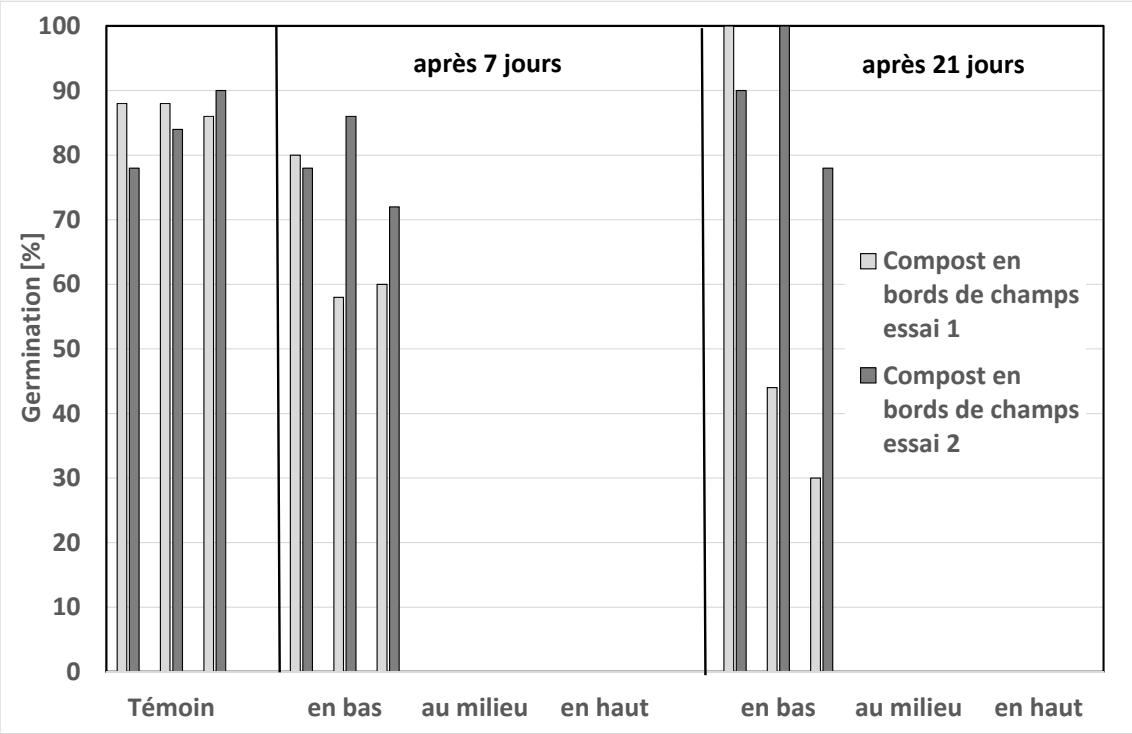
Survie des adventices pendant le compostage et la méthanisation

- Etude de la survie du souchet comestible et de la renouée du Japon lors du compostage (Fuchs et al., 2017)
  - Résultats compostage en bord de champ: renouée du Japon



Survie des adventices pendant le compostage et la méthanisation

- Etude de la survie du souchet comestible et de la renouée du Japon lors du compostage (Fuchs et al., 2017)
  - Résultats compostage en bord de champ: souchet du Japon

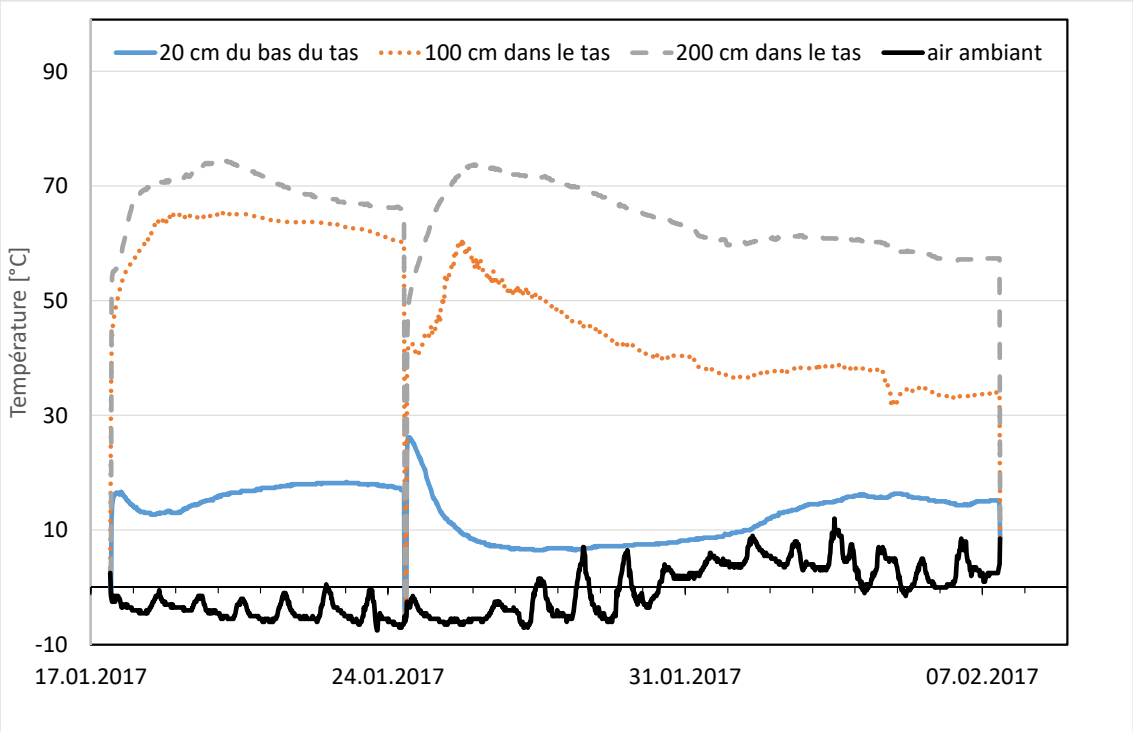


Survie des adventices pendant le compostage et la méthanisation

- Etude de la survie du souchet comestible et de la renouée du Japon lors du compostage (Fuchs et al., 2017)
  - Résultats compostage en bord de champ: souchet du Japon

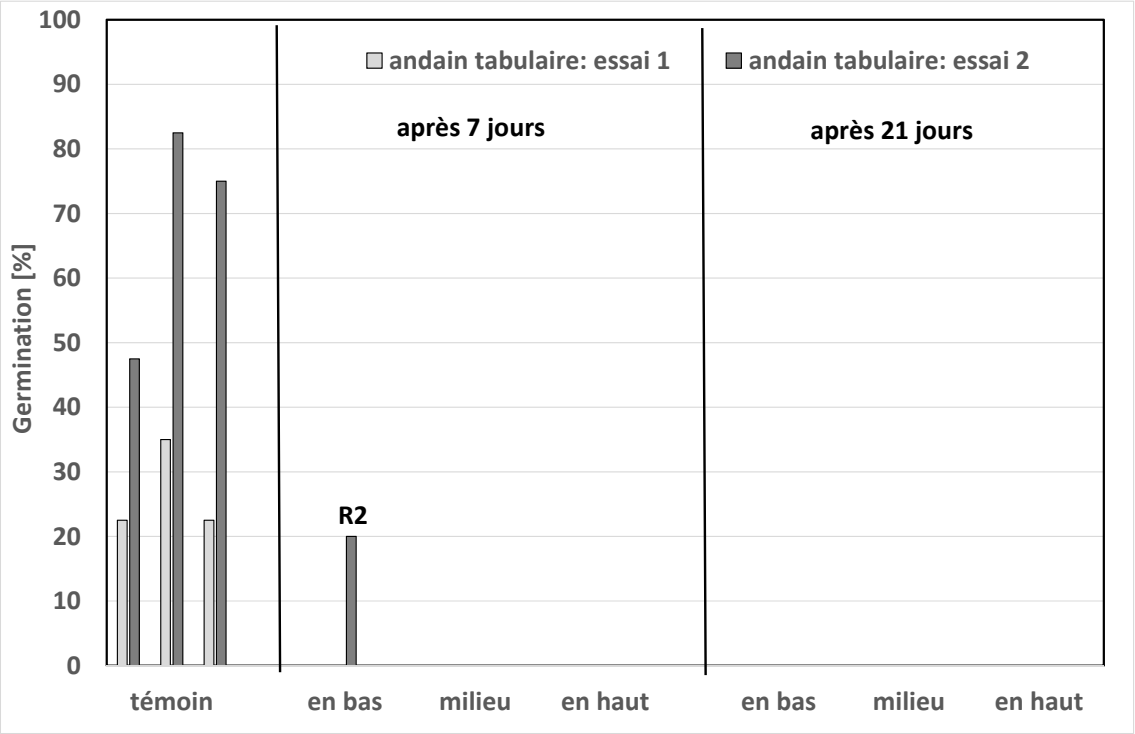
Survie des adventices pendant le compostage et la méthanisation

- Etude de la survie du souchet comestible et de la renouée du Japon lors du compostage (Fuchs et al., 2017)
  - Résultats compostage en andains tabulaires



Survie des adventices pendant le compostage et la méthanisation

- Etude de la survie du souchet comestible et de la renouée du Japon lors du compostage (Fuchs et al., 2017)
  - Résultats compostage en andains tabulaires: renouée du Japon



Survie des adventices pendant le compostage et la méthanisation

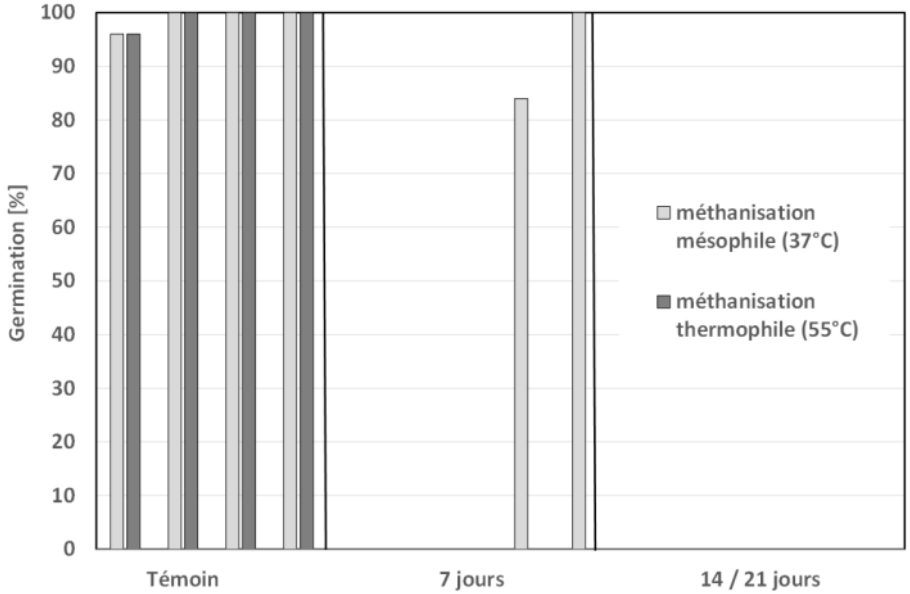
- Etude de la survie du souchet comestible et de la renouée du Japon lors du compostage (Fuchs et al., 2017)
  - Résultats compostage en andains tabulaires: souchet comestible

Survie des adventices pendant le compostage et la méthanisation

- Etude de la survie du souchet comestible et de la renouée du Japon lors du compostage (Fuchs et al., 2017)
  - Pendant le compostage, des rhizomes de renouées de Japon ou des tubercules du souchet comestible peuvent survivre à l'extrémité extérieure du pied de l'andain de compostage:
    - Un broyage régulier de l'andain est importante pour s'assurer que toutes les matières organiques se trouvent une fois à l'intérieur de l'andain.
  - Compostage en bordure de champ : pas de séparation fixe entre le compost et le sol du champ.
    - Une contamination du sol avec les adventices ne peut être totalement exclue
    - Les matières avec contamination connue ne devraient pas être compostées au bord du champ.
    - L'emplacement des bordures des champs doit être vérifié régulièrement afin de détecter et d'éliminer immédiatement toute croissance de ces plantes invasives.

Survie des adventices pendant le compostage et la méthanisation

- Etude de la survie du souchet comestible et de la renouée du Japon lors du compostage (Fuchs et al., 2017)
  - Survie de tubercules de souchet comestible pendant la méthanisation

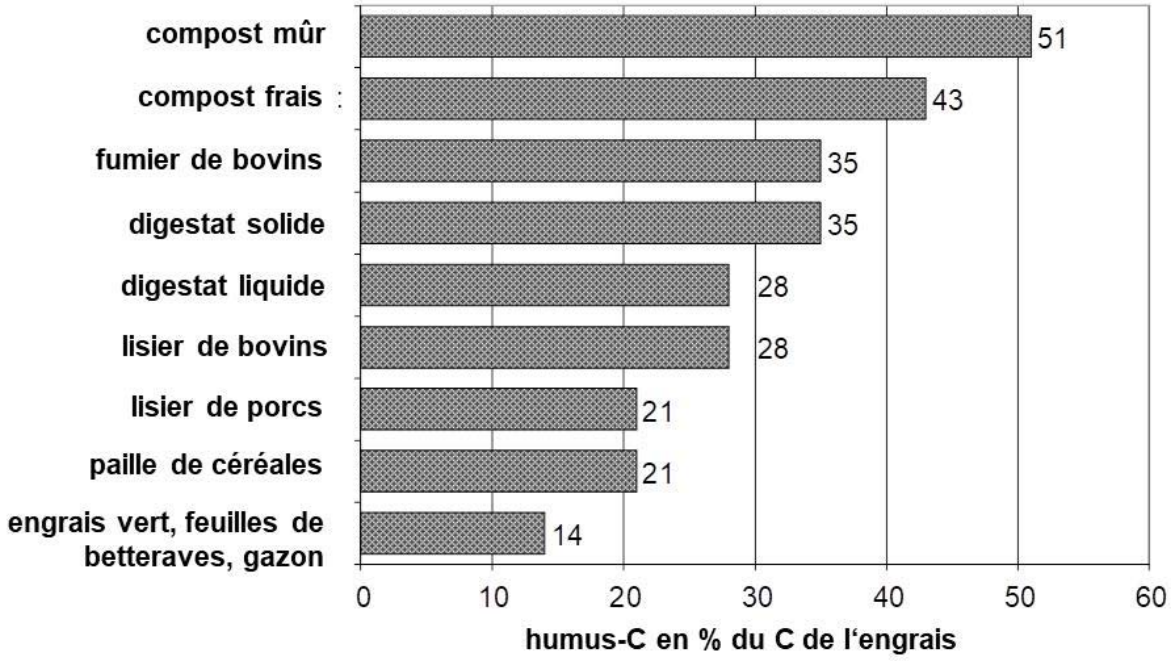


  - Survie de rhizomes de renouée du Japon pendant la méthanisation: Destruction complète des rhizomes après 7 jours aussi bien lors d'une méthanisation thermophile (55˚C) que mésophile (37˚C)

Choix des sources de biomasse appropriées

Choix des sources de biomasse appropriées

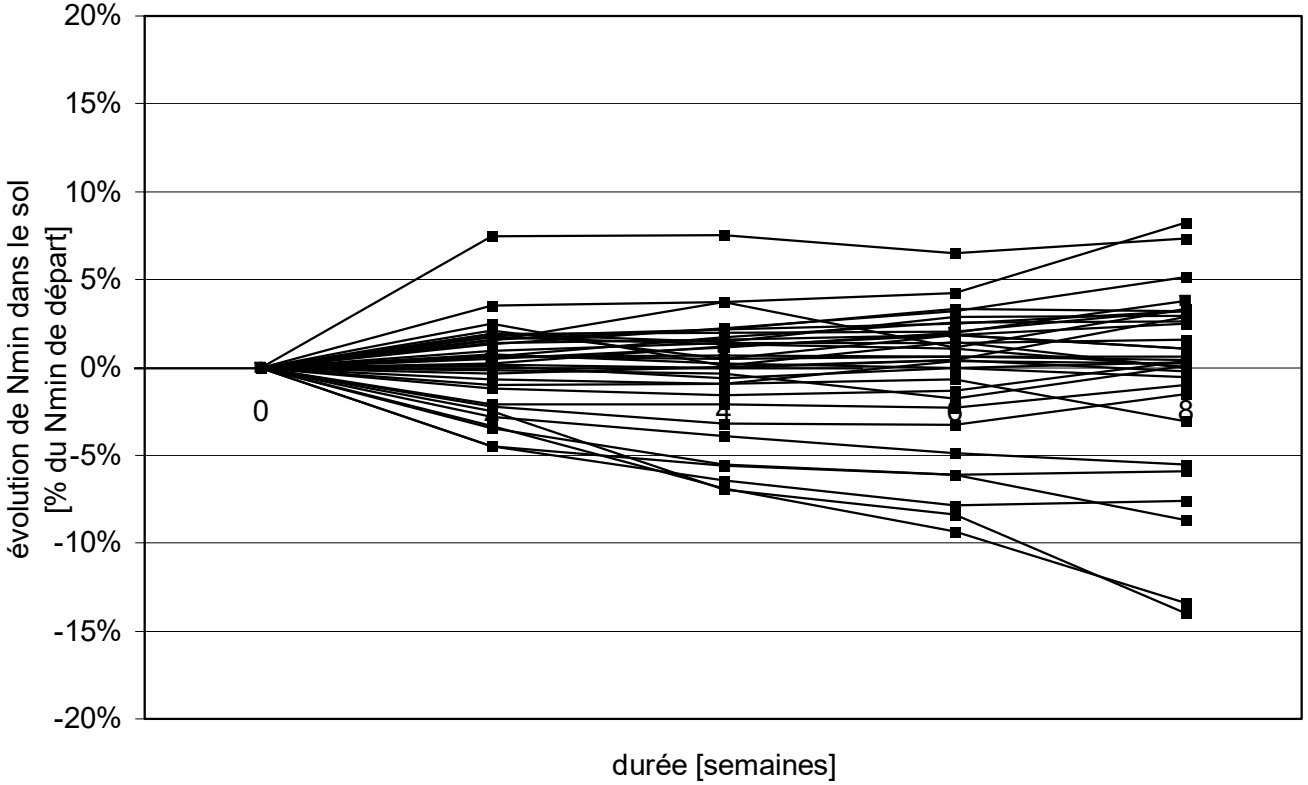
- Définir les buts de l'utilisation de la biomasse
  - Apport d'éléments fertilisants disponibles / formation d'humus



Capacité de reproduction d'humus du carbone organique de divers engrais organiques (selon Reinhold 2006)

Choix des sources de biomasse appropriées

- Définir les buts de l'utilisation de la biomasse
  - Apport d'éléments fertilisants disponibles / formation d'humus



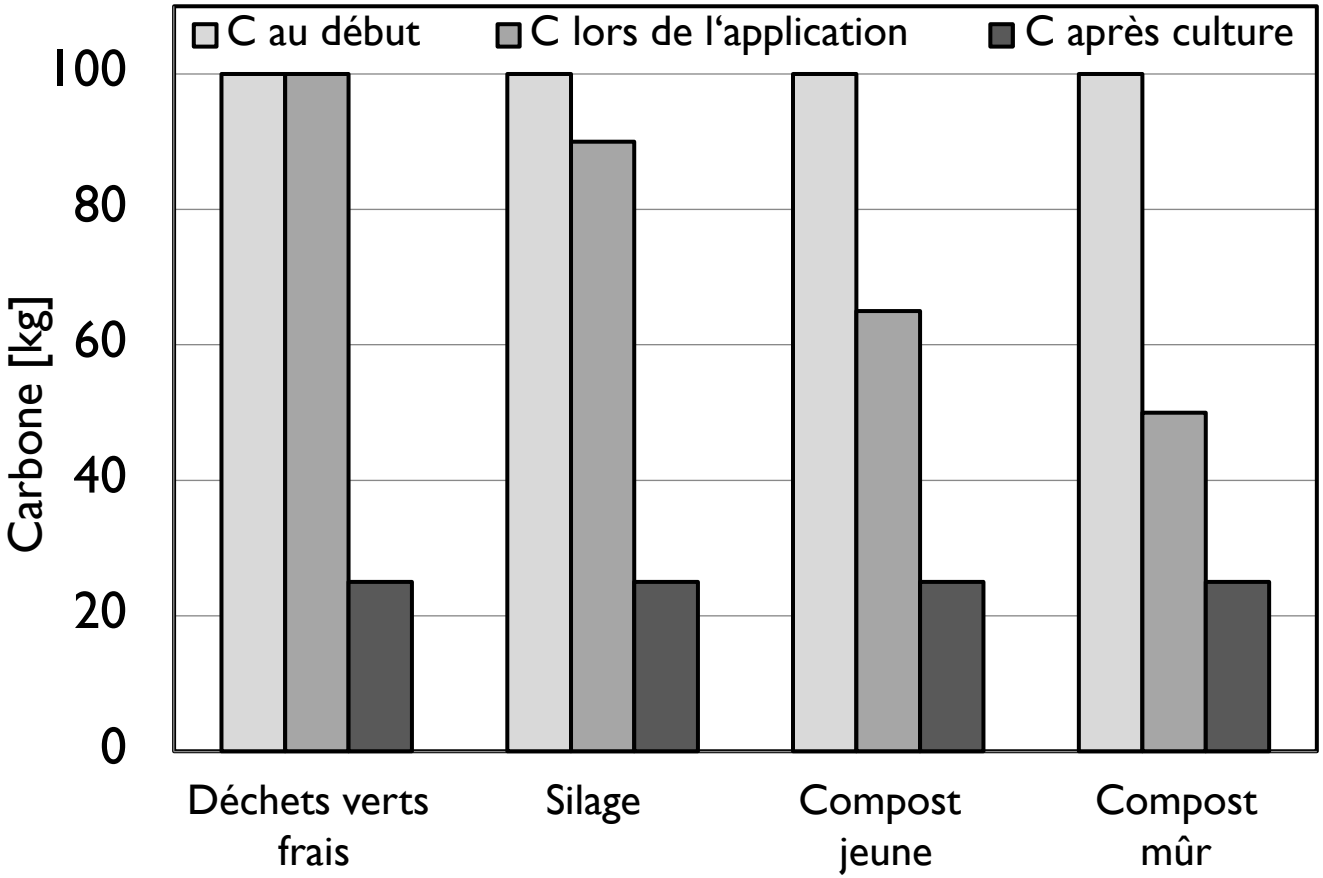
Effet de composts sur l'azote disponible du sol

Choix des sources de biomasse appropriées

- Définir les buts de l'utilisation de la biomasse
  - Apport d'éléments fertilisants disponibles / formation d'humus
- Choix du produit en fonction de sa qualité.
- Choix du produit en fonction des propriétés du sol:
  - Apport de produits mûrs avec effet immédiat (humus stable)
  - Apport de produits plus jeunes ("instables") pour activer l'activité biologique du sol et la formation de complexes argilo-humiques avec les minéraux indigènes du sol
- Faire le bilan carbone jusqu'à la fin de la culture !

Choix des sources de biomasse appropriées

- Faire le bilan carbone jusqu'à la fin de la culture !



Choix des sources de biomasse appropriées

- Définir les buts de l'utilisation de la biomasse
  - Apport d'éléments fertilisants disponibles / formation d'humus
- Choix du produit en fonction de sa qualité.
- Choix du produit en fonction des propriétés du sol:
  - Apport de produits mûrs avec effet immédiat (humus stable)
  - Apport de produits plus jeunes ("instables") pour activer l'activité biologique du sol et la formation de complexes argilo-humiques avec les minéraux indigènes du sol
- Faire le bilan carbone jusqu'à la fin de la culture !
- Intégration de la source de biomasse dans une stratégie globale de la gestion de l'humus
  - Rotation des cultures
  - Mode de travail du sol
- Tenir compte des spécificités de la situation présente

Évaluation de la qualité des engrais organiques par des moyens simples

Évaluation de la qualité des engrais organiques par des moyens simples

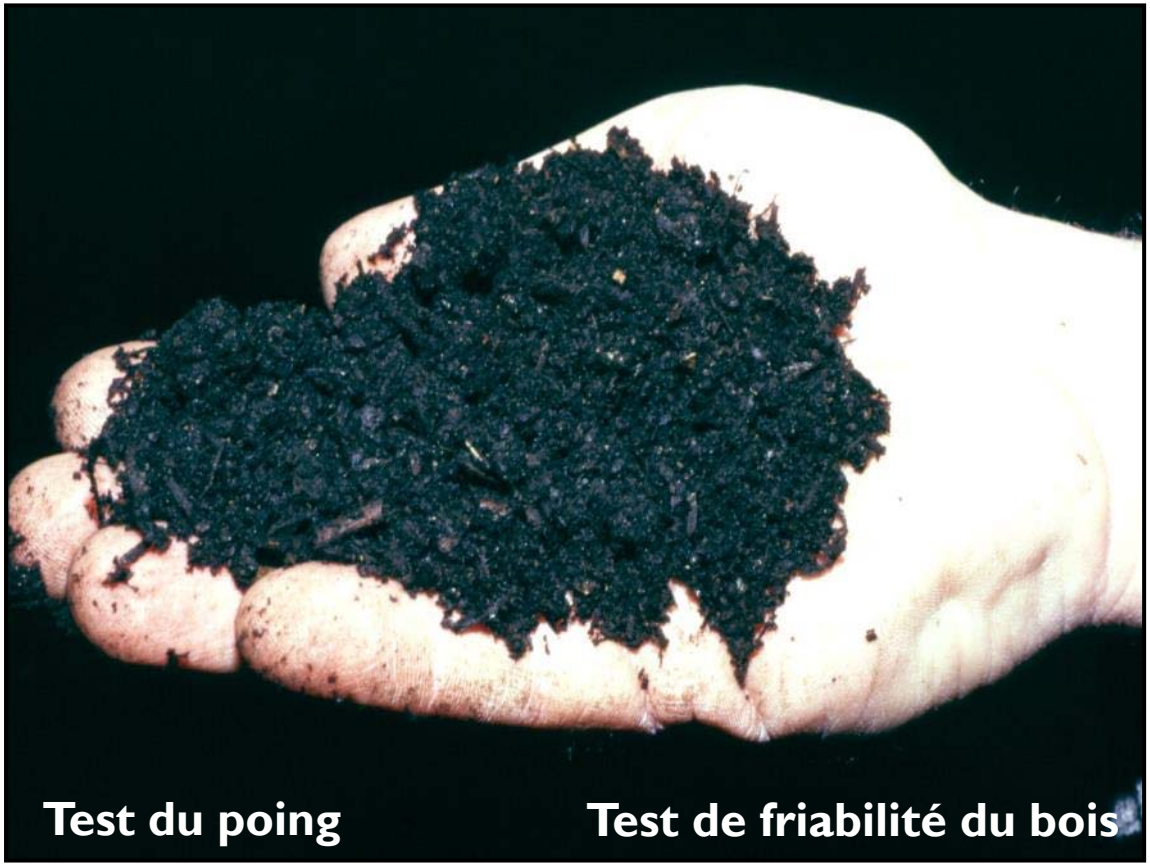
- Contrôle des paramètres du processus de compostage
  - Température
    - Au minimum 3 semaines avec une température minimale de 55 °C ou au minimum 1 semaine avec une température minimale de 65 °C, et avec plusieurs brassage du tas pendant cette période.
  - Humidité
    - Assez pour permettre aux microorganismes de travailler, et pas trop pour ne pas empêcher l'oxygène de circuler.
  - Teneur en oxygène
    - Au début du processus: au minimum 3-4 %.
    - Assurer une bonne structure du tas pour que la répartition de l'oxygène y soit homogène (éviter les mottes).

Évaluation de la qualité des engrais organiques par des moyens simples

- Avec ses propres sens

Évaluation de la qualité des engrais organiques par des moyens simples

- Avec ses propres sens



Évaluation de la qualité des engrais organiques par des moyens simples

- Avec ses propres sens

Évaluation de la qualité des engrais organiques par des moyens simples

- Avec ses propres sens

Degré de décomposition, structure, granulométrie

Évaluation de la qualité des engrais organiques par des moyens simples

- Avec ses propres sens

Degré de décomposition, structure, granulométrie

Évaluation de la qualité des engrais organiques par des moyens simples

- Avec ses propres sens

Degré de décomposition, structure, granulométrie

Évaluation de la qualité des engrais organiques par des moyens simples

- Avec ses propres sens

Évaluation de la qualité des engrais organiques par des moyens simples

- Avec des analyses simples

Évaluation de la qualité des engrais organiques par des moyens simples

- Avec des biotests

Conclusions

Conclusions

- Il existe de nombreuses sources de biomasse, chacune ayant ses propres caractéristiques, possibilités et limites
- Le choix des sources de biomasse dépend de plusieurs facteurs :
  - disponibilité
  - propriétés du sol
  - mesures culturelles
  - effets demandés
  - coûts
  - …

Conclusions

- Jedes Verfahren hat seine Eigenschaften
- Fast alle Verfahren können guten Produkte liefern
- Die Verfahren und ihren Produkten sind komplementär, nicht Konkurrent
- Die Verfahren können kombiniert werden (z.B. Fermentation < Vergärung < Kompostierung)
- Im Feld kann man die Anwendung verschiedenen Produkten kombinieren (zum Beispiel Gärgut im Frühjahr, um verfügbaren Stickstoff im kalten Boden zu bringen, und reifer Kompost im Herbst für die Bodenstruktur mittelfristig zu sichern)
- Bei Anwendung gut überlegen, was man erzielen will:
  - „Junge Biomasse“ um Boden mikrobiologisch aktivieren und feldeigene Ton-Humus-Komplexen zu bilden
  - „stabile Biomasse“ um direkt Humus im Boden zu erhöhen

Questions ?

www.fibl.org

www.biophyt.ch