

BiosécuritéCH

Programme prioritaire Biotechnologie du fonds national suisse de la recherche scientifique

Ne réduisons pas la biotechnologie au génie génétique

Science de la vie, science universelle, la biologie est au cœur des débats actuels. En effet, le génie génétique tend à devenir la pensée unique de la biologie, et si nous n'y prenons garde, il n'y aura dans notre pays plus assez de ressources (en savoir-faire et en finances) pour permettre à la biologie de répondre à la diversité et à la variété des enjeux qui sont les siens.

Il n'est pas question de rejeter la biologie moléculaire mais de plaider pour un équilibre et de mettre en discussion le danger d'une focalisation qui se ferait de plus en plus unilatéralement sur le génie moléculaire. Les autres branches de la biologie classique doivent maintenant pouvoir rattraper leur retard par rapport à la biologie moléculaire. Dans la convention des Nations Unies sur la biodiversité, la communauté des nations s'est reconnue des exigences internationales. Ce texte oblige notamment les États parties à documenter la situation et l'évolution de la diversité biologique sur leur territoire et à prendre les mesures qui s'imposent. Dans l'Agenda 21, les États ont souscrit à la promotion du recyclage des matières et à la protection des sols.

Même dans nos pays, depuis toujours, l'agriculture a été fondée sur l'entretien de la fertilité des sols. Par ailleurs, un tiers de nos déchets ménagers sont des matières organiques, compostables. Au lieu de les incinérer -avec un pouvoir calorifique négatif- il faudrait les restituer au cycle naturel des sols. Le compostage est donc une activité intelligente.

Il a pris un bon essor, mais la bonne volonté ne suffit pas. Diriger un processus de fermentation, maîtriser des micro-organismes parfois pathogènes, veiller à ce que la maturation se fasse, sont autant de tâches qui requièrent un effort de recherche, de l'expertise et le développement de savoir-faire. Observer le vivant pour mieux accompagner ses fonctionnements, telle est la tâche de la science. Évaluer l'état des biotopes, compter les espèces, qualifier des biocénoses nécessitent aussi de la recherche, de l'expertise, du savoir-faire. Ces efforts nous éviteront un dangereux rétrécissement du champs de la connaissance, nous donneront les moyens de répondre à notre engagement en faveur du développement durable.



René Longet, directeur romand de la société suisse pour la protection de l'environnement, Genève

Le projet

Hygiène et sécurité dans la valorisation des déchets organiques

Chaque année, environ un demi-million de tonnes de déchets organiques sont compostées en Suisse à l'échelle industrielle. La composition du mélange de départ revêt une importance capitale pour un déroulement optimal du processus de dégradation. Une aération régulière et une humidification homogène des matières organiques, permettent également d'accélérer le processus.

Un compost peut contenir des agents pathogènes comme des moisissures, des bactéries et des virus. Les particules provenant de ces micro-organismes ou les spores de champignons qui se dispersent lorsque l'on retourne le tas, peuvent être à l'origine de problèmes respiratoires chez les personnes présentant un terrain allergique : asthme, toux sèche ou rhinite. On ignore pratiquement tout des conséquences à long terme chez des personnes en bonne santé fréquemment exposées à ces particules. Des températures élevées peuvent être atteintes au centre du compost si le mélange de départ est optimal et régulièrement remué. Ces températures permettent d'éliminer la plupart des agents pathogènes microbiens ou microscopiques et leurs spores.

Par contre, pour les fragments de membranes cellulaires végétales qui constituent un fort pourcentage du matériel de compostage, les températures élevées au centre du tas ne permettent pas une dégradation suffisamment rapide. Les enzymes qui dégradent les

fragments de tissus végétaux, comme les xylanases, sont, elles, plus particulièrement efficaces dans les zones périphériques plus fraîches et plus riches en oxygène.

En remuant fréquemment le tas de compost, on crée donc des conditions optimales à une dégradation rapide des fragments végétaux et à l'obtention de bonnes conditions d'hygiène dans les aires de compostage.

On a pu montrer ainsi, pendant le déroulement du projet, que la moisissure *Aspergillus fumigatus* constituait un bon indicateur de l'état d'hygiène du compost. Lorsque les taux de spores de cette espèce sont très élevés, on peut aussi isoler, dans la plupart des cas, un plus grand nombre d'autres micro-organismes potentiellement pathogènes.

Les enzymes, qui proviennent des bactéries thermophiles que l'on peut isoler à partir du compost, sont d'un grand intérêt pour diverses applications biotechnologiques. Ces enzymes présentent une grande stabilité à la chaleur et sont donc plus faciles d'emploi dans les processus techniques de fabrication. Elles permettent d'éviter les frais importants occasionnés par la surveillance et le refroidissement continu des processus. C'est la raison pour laquelle les micro-organismes thermophiles ont fait l'objet d'une étude approfondie dans le cadre de ce projet.

Retourner le compost au moins deux fois par semaine

“Il serait avantageux d’avoir des lignes directives dans les stations de compostages”

La mise en décharge de déchets est interdite dans de nombreux cantons ou est en passe de l’être. Comme l’incinération des déchets coûte cher, le compostage des déchets biodégradables gagne en importance dans la gestion des déchets. Cette méthode de recyclage des déchets peut cependant poser des problèmes d’hygiène dans certaines circonstances. Ils doivent être identifiés et il faut trouver des solutions pour y remédier. Sabine Unternährer s’en est entretenue avec Trello Beffa, chef de projet du Groupe Biodégradation/Compost à l’Institut de microbiologie de l’Université de Neuchâtel et avec son collaborateur Pierre-François Lyon.

Sabine Unternährer (SU): Quelles sont les questions auxquelles vous vouliez avant tout apporter des réponses dans le cadre de ce projet de recherche ?

Trello Beffa (TB) : Le compostage de toutes sortes de déchets organiques a un rôle de plus en plus important et comme les exploitants de ces installations sont généralement payés à la tonne de produit fini, ils ont tout intérêt à obtenir un terreau de bonne qualité le plus rapidement possible. C’est pourquoi nous étudions comment optimiser les différents procédés de compostage afin que les déchets organiques se décomposent plus vite. Ce faisant, nous portons une attention particulière à l’hygiène. Trois quarts des installations de compostage sont en plein air. Dans les tas, il existe de nombreuses niches écologiques différentes, car la température et la teneur en oxygène varient selon les couches. Ces tas abritent une incroyable biodiversité. Nous avons été très surpris de constater qu’entre 60 et 80°, elle est bien plus grande qu’on ne le supposait jusqu’à présent.

SU : Les composts hébergent aussi des micro-organismes pathogènes. D’où viennent-ils ?

Pierre-François Lyon (PFL) : Tout dépend de la nature des déchets. Les agents pathogènes potentiels sont légion; il y a notamment toutes les espèces de colibacilles lorsque l’on compos-



“Nous avons été très surpris de constater qu’entre 60 et 80°, la biodiversité est bien plus grande qu’on ne le supposait jusqu’à présent”

Le Dr. Trello Beffa a terminé ses études à l’Université de Genève avec un diplôme de Biologie (orientation microbiologie). Il a ensuite préparé son doctorat à la Station fédérale de recherche agronomique de Changin/VD, et au laboratoire

de Microbiologie de l’Université de Genève. Il a étudié le mécanisme d’action des fongicides et la régulation par le soufre élémentaire endogène de la morphogénèse chez les champignons (germination, sporulation et vieillissement) et les chez cellules animales. En 1988, il a été engagé comme maître-assistant par le Prof. Aragno à l’Université de Neuchâtel pour étudier le métabolisme du soufre chez les bactéries thermophiles. En 1990, il développe seul les premières recherches sur le compostage, et crée en 1992 le groupe multidisciplinaire GCME (groupe compost médecine et environnement). Depuis 1997, il est collaborateur scientifique indépendant à l’Université de Neuchâtel. Pour le 1.1.2000, il recherche un laboratoire susceptible de l’accueillir pour continuer à développer des recherches en biotechnologie et microbiologie de l’environnement.



L’hygiène du compost commence déjà chez soi, en vidant régulièrement le contenu de la poubelle verte.

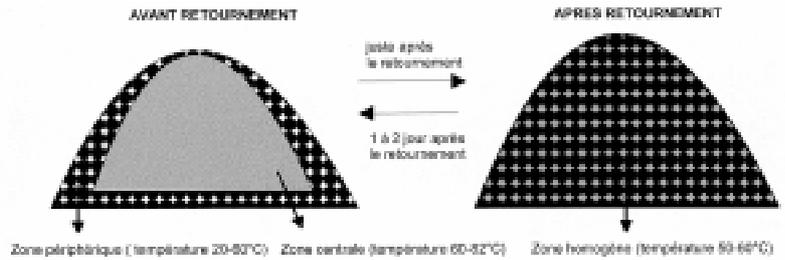
Pierre-François Lyon a obtenu en 1992 une licence en biologie à l’Université de Lausanne. Ensuite, c’est dans l’entreprise ARES SERONO (Aubonne), qu’il a acquis les connaissances de base de la culture de cellules animales en bioréacteurs (production d’hormones). Entre

1993 et 1995, il réalise son travail de diplôme au Laboratoire de Microbiologie, sur le développement des cultures en fermenteur de bactéries thermophiles isolées des composts. En 1995, il s’intègre au groupe multidisciplinaire GCME pour préparer son doctorat. Au cours de ce travail, il a étudié le processus de compostage sur différents types d’installations, afin d’en optimiser les conditions de gestion. Il a mis au point un système de compostage de laboratoire pour contrôler toutes les conditions. Il a aussi étudié la croissance, le métabolisme et les activités de dégradation dans les composts des bactéries thermophiles. Il cherche, pour la fin de l’année, un engagement dans une entreprise active dans le domaine de la gestion des déchets ou des applications biotechnologiques des micro-organismes.

te du fumier provenant d'élevages, et s'il s'agit d'élevages de poulets, on a en plus des salmonelles. Parmi les moisissures, c'est *Aspergillus fumigatus* qui domine. Les déchets verts contiennent plutôt moins d'agents pathogènes. Les germes nous arrivent souvent par la voie des airs : bactéries, champignons ou spores, et virus sont véhiculés par le vent. Il leur suffit de tomber sur de grandes quantités de déchets organiques ménagers, de restauration, d'élevage, etc. pour être capables de se multiplier très vite. De nombreux agents pathogènes potentiels sont en quelque sorte cultivés à la maison. Si le récipient contenant les déchets à composter n'est vidé qu'une fois par semaine ou moins, les micro-organismes prolifèrent, surtout à la belle saison. L'hygiène du compost commence donc chez soi, en vidant régulièrement le contenu de la poubelle verte.

SU : Est-il possible de composter des déchets organiques toxiques pour l'environnement ?

TB : Il est difficile de généraliser, car aucun compost n'est rigoureusement identique à un autre. Il faut tenir compte du système de compostage, du mélange des déchets organiques, de la manière dont ils sont gérés et de bien d'autres facteurs. Ce n'est qu'à cette condition que les polluants organiques peuvent être dégradés pratiquement sans résidus et dans un délai raisonnable. S'il s'agit de produits organiques toxiques précis, il est possible d'ajouter au compost un mélange spécial enrichi de bactéries ou de champignons, afin d'accélérer le processus de dégradation. On dispose déjà d'une certaine expérience sur la manière générale de composter certains produits toxiques. Le carbolinéum, utilisé pour le traitement préventif des bois, se compose essentiellement d'hydrocarbures aromatiques polycycliques qui se dégradent très mal. Or le compostage permet de le dégrader presque complètement en l'espace de 15 jours. On a fait également des essais très concluants avec du trinitrotoluène (TNT) que l'on peut éliminer à 90% du matériel contaminé, en quatre semaines. Des solvants comme les chlorophénols s'accumulent fortement dans l'environnement car ils ne sont que très lentement biodégradables. Des sols pollués par ce type de substances pourraient être nettoyés par compostage, comme cela s'est déjà fait : la terre polluée a été mélangée sur place avec d'autres déchets organiques appropriés, de sorte qu'on a pu faire l'économie d'importants frais de transport. Au bout de quelques semaines, ces substances toxiques avaient disparu à 96%. Les 3-4% restants, cependant, n'ont pas pu être éliminés totalement par un compostage plus long. De nombreux insecticides ou produits antiparasitaires peuvent également être compostés. Des composés écotoxiques comme le DDT, le trichloréthylène, les PCB (diphényles polychlorés) ou différents solvants peuvent être éliminés grâce



à l'action conjuguée des micro-organismes dans le tas de compost, dans des délais raisonnables et à moindre coût.

SU : L'industrie s'intéresse-t-elle à vos recherches ?

TB : Oui, depuis des années, nous travaillons étroitement avec des exploitants de diverses installations industrielles. Ce qui nous intéresse, c'est une coopération sérieuse et non de nous faire récupérer comme une sorte de label "bio". Des affirmations du type : "Nos installations ont été expertisées par l'Université de Neuchâtel" signifient pour nos partenaires des découvertes qu'ils n'avaient pas nécessairement prévues. Il nous arrive parfois de mettre en évidence des points faibles dans la construction de l'installation, et pendant l'exploitation ils se confirment toujours de façon très claire. Souvent, après les réactions franchement hostiles au départ, dans un deuxième temps, les industriels réalisent les améliorations proposées. Nous en retirons le sentiment gratifiant d'avoir fait du bon travail et d'avoir apporté une contribution utile à l'élimination des déchets.

SU : Quelles sont vos recommandations pour améliorer la sécurité du compostage ?

TB : Si elles sont gérées de façon optimale, les installations de compostage ne présentent aucun danger. C'est vrai sans problème du compost que l'on a dans son jardin ou de celui du voisin. La quantité à traiter y est faible et il s'agit alors de déchets ménagers ou de jardin. On peut en dire autant des grosses installations industrielles si les mélanges de départ sont bien faits et si les consignes de sécurité sont respectées. A partir d'une certaine taille, les composts doivent subir un brassage mécanique au moins deux fois par semaine.

Avec l'augmentation du recours au compostage pour l'élimination des polluants de l'environnement, nous serions très heureux si des directives pouvaient être édictées au plan communal ou fédéral. Il faudrait y inclure des recommandations sur les précautions à prendre, dans les grandes installations, par le personnel chargé du brassage des tas, afin qu'il ne

En remuant correctement le mélange de départ, un gradient de température se forme entre la zone centrale chaude et la zone périphérique plus froide. Les températures élevées permettent d'éliminer en grande partie les microbes pathogènes et leurs spores. Un retournement régulier est nécessaire pour que le processus de dégradation soit aussi complet que possible. (Illustration de T. Beffa)

Développement d'un composteur de laboratoire avec la société In-fors de Bottmingen/BL. Ce prototype sera utile pour prévoir des installations plus grandes en enceinte confinée.



Glossaire

Carbolinéum : mélange complexe constitué de 85% d'hydrocarbures aromatiques polycycliques, de 10% de composants phénoliques et de 5% d'hydrocarbures cycliques contenant du soufre, de l'azote ou de l'oxygène. On l'emploie très fréquemment pour la protection des bois. Produit toxique pour l'environnement (xénobiotique) très difficile à dégrader.

Colibacilles : principal groupe de bactéries de l'intestin humain, et espèces apparentées que l'on rencontre dans les matières fécales.

DDT, Dichlorodiphényltrichloroéthane. Insecticide paralysant. Il pénètre dans l'organisme par le tube digestif ou à travers la peau, et s'accumule dans les tissus adipeux. Il se concentre de plus en plus dans la chaîne alimentaire. Sa demi-vie est d'une année environ.

Dérivés du chlorobenzol: Xénobiotiques, toxiques pour l'environnement, produits en quantités industrielles au cours de ce siècle, et qui s'accumulent de plus en plus dans la nature car ils sont insolubles dans l'eau et difficiles à dégrader. Malgré la toxicité des dérivés du chlorobenzol, certaines bactéries peuvent utiliser certains de ces dérivés comme source unique de carbone.

Microorganismes thermophiles : ils peuvent survivre et se multiplier à des températures supérieures à 40°. Chez les bactéries, il existe des espèces qui peuvent résister un certain temps à des températures allant jusqu'à 100°.

PCB, Biphényles polychlorés: Xénobiotiques toxiques pour l'environnement et extrêmement difficiles à dégrader. Cette famille comporte plus de 200 dérivés dont 120 sont utilisés dans des applications techniques industrielles dans le monde entier comme liquide hydraulique, huile de transformateurs ou lubrifiants.

Informations complémentaires

Pour plus d'informations sur ce projet, contacter Trello Beffa, Tel. 032 718-22 30, Fax -22 31, E-Mail <trello.beffa@bota.unine.ch>.

Si vous avez des questions concernant la **biosécurité**, le BATS peut être contacté par tél: 061/690 9610, par Fax: -9315. Site Internet <http://www.bats.ch>

Si vous souhaitez des informations supplémentaires sur le **programme prioritaire Biotechnologie** ou sur la **biotechnologie en général**, le service **B.I.C.S.** est à votre disposition et peut être contacté par téléphone: 061/690 93 21, par fax: -93 15 ou par Email: bierif@ubaclu.unibas.ch. Site Internet: <http://www.bics.ch>. Le Dr. Oreste Ghisalba, directeur du programme peut être contacté par tél.: 061/324 30 84, par Fax -21 03, ou par E.mail <oreste.ghisalba@pharma.novartis.com>.

soit pas exposé à des risques sanitaires. Ces recommandations portent notamment sur la manière de passer des vêtements de ville aux vêtements de travail, sur l'hygiène corporelle après le travail et sur le port d'un masque facial. Une autre mesure serait souhaitable : le contrôle régulier du compost et de bioindicateurs comme *Aspergillus fumigatus*, afin de déterminer rapidement son état sanitaire. On sait d'expérience que la présence d'une trop grande quantité de moisissures implique la présence d'autres agents pathogènes potentiels.

Il est étonnant d'ailleurs qu'aucune directive n'existe sur l'état sanitaire de la terre à usage domestique. Je pense que là encore, des mesures s'imposent, car dans pratiquement chaque logement ou chaque bureau, il y a des plantes en pots. Le taux maximal autorisé pour les substances toxiques anorganiques dans la terre de rempotage est strictement réglementé mais personne ne s'est apparemment soucié des concentrations de micro-organismes vivants. Pourtant il arrive régulièrement que des enfants en bas âge avalent de la terre qu'ils ont prise dans les plantes vertes et qu'il en résulte de violents troubles gastro-intestinaux.

SU : Votre projet a-t-il fait apparaître d'autres champs d'applications ?

PFL : Les découvertes faites avec les bactéries thermophiles des composts ont réellement de quoi surprendre. L'industrie sera certainement intéressée par l'emploi de certains organismes que j'ai isolés et caractérisés dans les dernières années. Les procédés de fabrication faisant intervenir les biotechnologies, sont en constante augmentation. C'est pourquoi les industriels sont demandeurs quand on peut leur proposer des enzymes qui sont stables à des températures bien supérieures à 50°, voire 100°. Parallèlement à la caractérisation d'enzymes thermostables, je vais poursuivre le développement d'un composteur de laboratoire avec la société In-fors de Bottmingen/BL. Dans ce dernier cas, mon objectif est de faire des recommandations pour les augmentations des volumes, afin que de grandes quantités de produits toxiques précis puissent être dégradées dans cette enceinte fermée, de façon rapide, complète et contrôlée. Les gaz produits, comme le méthane, peuvent ensuite servir de sources d'énergie.

Impressum

Editeur: B.I.C.S. mandaté par le programme prioritaire Biotechnologie

Rédaction: Josef Syfrig et Sabine Unternährer

Traduction: Betty Kunz

Mise en page: Josef Syfrig

Impression: Werner Druck AG Basel

Tirage: 6000 ex D, 2000 ex F

Ce feuillet est également publié en langue allemande. Les textes peuvent être réimprimés avec la permission de la rédaction.

© 1999 B.I.C.S., Basel, Switzerland