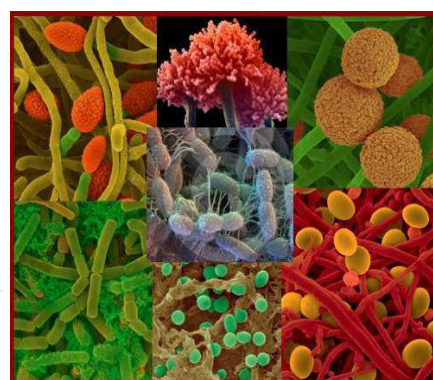


LES MICROORGANISMES EFFICACES (EM)

Compilation de documents et témoignages cubains sur
 le fonctionnement, la production artisanale et l'usage
 de microorganismes efficaces en milieu paysan

Dorian Félix, Mars 2015



Une cuillère à café de sol contient approximativement : 200 nématodes, 218.000 algues, 288.000 amibes, 400.000 champignons, un milliard d'actinomycètes et des milliers de milliards de bactéries...
 (Blanco, 2012).

« Les gens qui entendent parler pour la première fois des bénéfices de IHplus¹ ont tous la même réaction sceptique que nous avons eu nous-mêmes lorsque nous avons commencé à travailler sur cette technologie. Mais la réalité nous montre que, même s'ils ne sont pas magiques, les EM démontrent une étonnante diversité d'applications. Il s'agit là d'une démonstration du pouvoir que la Terre Mère dépose dans les forêts, et que nous, pionniers de l'agroécologie, reproduisons et étendons aux systèmes de production. »

Nous ne prétendons pas, avec ces résultats, que l'utilisation d'EM apporte une révolution qui solutionne tous les problèmes générés par des centaines d'années de gaspillages et consumérismes au détriment de notre environnement. Nous essayons seulement de trouver une voie pour rétablir l'équilibre qu'avec sa sagesse la Nature a développé au cours de millions d'années d'évolution. »

Extrait de la brochure de présentation d'IHplus, 2011

¹ EM produits selon la technologie développée à Cuba par la station expérimentale de pâturages et fourrages Indio Hatuey (EEPFIH), Perico, Matanzas, Cuba.

Indice

Introduction.....	4
I. Que sont les EM?.....	4
A. Origine de la technologie des EM.....	4
1. Découverte au Japon.....	4
2. Diffusion dans le monde et évolution de la technologie	5
B. Généralités sur les microorganismes	7
1. Les microorganismes à l'origine de la vie sur terre.....	7
2. Les microorganismes du sol	8
3. Le principe de dominance	8
C. Principaux groupes de microorganismes des EM.....	9
1. Les bactéries photosynthétiques	9
2. Les bactéries acidolactiques.....	10
3. Les bactéries fixatrices d'azote	10
4. Les actinomycètes	Erreur ! Signet non défini.
5. Les levures	11
6. Les champignons filamenteux ou fermenteurs.....	11
D. ¿Comment travaillent les EM?	12
1. Une synergie complexe	12
2. Trois principaux mécanismes d'action	13
3. Une action progressive et durable	14
E. Analyse microbiologique et innocuité.....	14
II. Comment préparer soi-même les EM?	14
A. Recherche et sélection des matières premières	15
1. Litière de forêt peu perturbée.....	15
2. Une source de sucres facilement fermentables.....	15
3. Une source d'amidon et de fibres	16
4. Une source naturelle de lactobacilles	16
5. L'eau	16
B. Mécanismes de croissance des populations bactériennes	16
C. Préparation des EM solides	17
1. Proportions.....	17
2. Mode de préparation	17
3. Vérification du produit final	20
4. Méthode alternative à partir de riz cuit	20
D. Activation des EM à l'état liquide.....	21
1. Proportions.....	21

2.	Mode de préparation (pour 200 litres d' <i>IHplus</i>)	21
E.	Transmission de l'expérience cubaine au Canada.....	22
III.	A quoi servent et comment utiliser les EM?	22
A.	Pour l'agriculture.....	23
1.	Les EM et les engrais organiques	24
2.	Les EM et les sols agricoles.....	27
3.	Les EM et les plantes	28
4.	Témoignages de paysans cubains	31
B.	Pour l'élevage	33
1.	Pour l'alimentation animale	33
2.	Pour la santé animale.....	34
3.	Dans les installations d'élevage.....	34
4.	Pour le biogaz	35
C.	Autres usages	35
1.	Pour la dépollution	35
2.	Pour la maison.....	36
3.	Pour l'eau potable	36
4.	Pour la santé humaine.....	36
5.	Pour la construction	37
	Conclusions.....	37
	Bibliographie.....	38

Introduction

Ce document a pour objectif principal de **faire connaître la technologie de production artisanale de microorganismes efficaces (EM) développée à Cuba**, à partir des enseignements des paysans costariciens, **au monde francophone** (paysans, associations, chercheurs...), relativement en retard dans l'étude et l'application de cette technologie qui redonne de la vie à nos sols. Dans un contexte mondial où la dégradation et la pollution des sols continue de s'aggraver, la technologie des EM semble pouvoir apporter une aide substantielle à la régénération de sols vivants et sains. Afin de replacer cette innovation dans un cadre international et scientifique, l'histoire des EM et les fondements de cette technologie seront également abordés. Ainsi, après nous être penché sur l'origine des EM et leur diffusion à travers le globe, nous nous intéresserons de plus près aux différents groupes microorganismes du sol et aux mécanismes biologiques qui les gouvernent. Nous aborderons alors le vif du sujet avec les pratiques de fabrication artisanale des EM et leur activation, pour finalement passer en revue les différentes formes d'utilisation des EM dans le monde, pour l'agriculture et l'élevage et dans d'autres domaines.

I. Que sont les EM?

Les EM constituent une culture mixte de microorganismes efficaces d'origine naturelle, sans manipulation génétique et physiologiquement compatibles les uns avec les autres. Au sein des principaux groupes présents se trouvent des bactéries photosynthétiques, des bactéries acidolactiques, des actinomycètes, des levures et des champignons décomposeurs. Ces différents groupes de microorganismes réalisent chacun différentes fonctions complémentaires, permettant la synthèse de substances qui favorisent la croissance et le développement des plantes, entre autres propriétés.

A. Origine de la technologie des EM

1. Découverte au Japon



Le professeur Higa observant les microorganismes du sol

La technologie des EM (*Effective Microorganisms*) a surgi, dans les années 80, des recherches menées par le Dr. Teruo Higa, professeur d'horticulture de l'Université de Ryukyus à Okinawa (Japon).

Né en 1941, originaire d'une famille modeste, Teruo Higa travaille dans les champs dès l'âge de 11 ans, avec ses frères et sœurs. Témoin des difficultés de la vie paysanne, il souhaite contribuer à améliorer les conditions de vie dans les campagnes et s'enthousiasme, comme beaucoup à cette époque, avec les découvertes de la « *révolution verte* » : pesticides, herbicides, engrais chimiques, monocultures et mécanisation à outrance ... Au bout d'un certain temps, par son travail au sein de divers projets agricoles dans lesquels sont utilisées de grandes quantités de produits chimiques, il commence cependant à avoir des problèmes de santé : il commence à sentir une grande faiblesse, accompagnée

d'éruptions cutanées et d'allergies. Il refuse tout d'abord d'établir une relation entre ces symptômes et les produits chimiques auxquels il est exposé quotidiennement et massivement, car dans les années 70 beaucoup pensent qu'ils ne présentent aucun danger. Il finit pourtant par se rendre à l'évidence que l'usage de produits chimiques est non seulement mauvais pour la santé humaine, mais aussi pour le sol et même pour les cultures, et commence à remettre en cause la viabilité du

modèle agricole qu'il défendait jusque-là. C'est ainsi qu'il se met à chercher des solutions alternatives pour maintenir les rendements, sans porter préjudice à la santé humaine et à celle des sols.

Tout d'abord, le Dr. Higa dresse une liste des microorganismes utilisés au Japon pour la fermentation des aliments. Il fait des expériences sur un grand nombre de souches microbiennes, à la recherche des microorganismes « parfaits », accumulant succès et échecs. Les souches pures qu'il isole, même si elles présentent des effets bénéfiques importants pour les cultures en laboratoire, se retrouvent systématiquement en compétition avec la microflore native lors de leur introduction en plein champ et leur effet s'atténue très rapidement.

Un soir pourtant, alors qu'il s'apprête à rentrer chez lui, il range son matériel, stérilise ses outils et jette dans un seau toutes les souches microbiennes sur lesquelles il vient de travailler. Il s'agit d'organismes inoffensifs, que l'on peut jeter sans danger dans l'évier, mais ce jour-là il préfère déverser le contenu du seau dans un coin de pelouse, à la sortie de son laboratoire. Une semaine plus tard, le Dr. Higa observe une croissance impressionnante du gazon sur une petite surface. Il pense d'abord que c'est le résultat d'une expérience de ses étudiants, mais il comprend ensuite qu'il est lui-même à l'origine de cette curiosité. Le professeur commence alors à travailler sur des combinaisons de microorganismes au lieu d'utiliser des souches pures comme il le faisait jusqu'alors. Il récupère des bactéries bénéfiques de diverses origines : racines d'arbres, *miso* (produit traditionnel japonais à base de soja et céréales fermentées), compost, sauce soja... et les mélange. Rapidement il se rend compte que l'organe le plus important pour juger de la qualité de ses résultats est son nez. « *Quand un mélange commençait à sentir mauvais, je le jetais et j'en faisais un autre* », c'est ainsi que le Dr. Higa décrit la période qui fut décisive pour ses recherches, dans un livre qui est devenu un best-seller, *An Earth saving revolution* (Une révolution pour sauver la Terre, Higa, 1994a).

«Lorsque des combinaisons semblaient bien marcher en laboratoire, je passais à l'étape suivante et testais leur comportement dans la nature, dans des conditions de vie normales. Au bout de quelque temps, je travaillais avec différentes combinaisons comportant plus d'une dizaine de souches différentes. Tout se passait bien, jusqu'à ce que j'en ajoute une nouvelle qui venait tout détruire. Cela déclenchait un véritable conflit entre les bactéries et, en un rien de temps, j'avais entre les mains un produit malodorant, putride, couvert de mois. On ne peut pas décrire autrement les choses. C'était véritablement un combat à mort entre les bactéries, mais ces guerres d'anéantissement conduisirent à la découverte d'une combinaison qui remplit tous les critères : la promotion et le maintien d'une croissance saine des plantes, avec des rendements accrus et un goût meilleur !»

Ce mélange de cultures microbiennes est appelé Microorganismes Efficaces, ou EM, et cette technologie révolutionnaire montre ses résultats dans les campagnes japonaises à partir de 1982, permettant d'obtenir des rendements supérieurs de 30%, sans l'utilisation d'aucun produit chimique.

2. Diffusion dans le monde et évolution de la technologie

a) Une utilisation de plus en plus répandue...

Grâce aux résultats impressionnants qu'ils ont démontrés dans leurs diverses applications, les EM se sont propagés rapidement en dehors du Japon. En Asie d'abord, où leur usage est aujourd'hui très répandu sur tout le continent, et par la suite dans le reste du monde. En Birmanie, en Corée du Nord, au Vietnam et en Thaïlande cette technologie est utilisée à l'échelle nationale². Les EM sont arrivés en Amérique en 1986, mais ils ont mis plus de temps à atteindre l'Europe et l'Afrique, continents aujourd'hui en retard dans le domaine... En Allemagne par exemple, il a fallu attendre l'an 2000 et la visite du Dr. Higa pour officialiser l'entrée des EM dans le pays.

² En Birmanie, l'un des pays qui utilise le plus la technologie des EM, ceux-ci sont utilisés pour la culture de plus de 450.000 ha de rizières. L'utilisation d'EM et d'engrais organique a permis d'améliorer les rendements du riz de plus de 50% en Birmanie, de 40% en Corée du Nord.

Aujourd'hui les EM sont produits dans près de 50 pays et utilisés dans plus de 130, pour des usages très variés, de l'agriculture à la construction en passant par la dépollution, le traitement des déchets ou l'alimentation animale... Plus de 20 années d'expérience accumulées sur toute la planète ont démontré que les EM peuvent influencer grandement sur la vie du sol, de l'eau et sur le traitement des déchets à moindre coût (Amrhein & Higa, 2002). Les EM sont reconnus par la certification biologique aux USA, en Australie, en Nouvelle Zélande... comme engrais organique et additif organique pour l'alimentation animale.

Comme il fallait s'y attendre, les firmes de l'agrobusiness, face aux résultats surprenants des EM, ont rapidement récupéré la technologie pour créer un marché mondial des EM, avec des prix élevés³ qui leur permettent de générer de larges bénéfices.

b) D'une technologie de laboratoire à une pratique paysanne

A première vue, la sélection de souches « idéales » en laboratoire et le mélange de ces microorganismes en un produit stable relève d'un travail de spécialiste. En effet la fabrication des EM a tout d'abord été réservée aux universités et centres de recherche, puis aux grandes entreprises pouvant développer cette technologie d'apparence complexe, entretenant ainsi le modèle de dépendance économique du paysan face au monde de l'agrobusiness.

Pourtant, dans le courant des années 90, les paysans costariciens, sensibilisés à la technologie des EM par la coopération japonaise, développent une technique artisanale de production d'EM à partir de litière forestière et de matériaux facilement disponibles dans leurs fermes. Cette technologie prénommée Micro-Ben, basée sur la récupération des microorganismes présents naturellement dans les sols, en plus de garantir l'autonomie du paysan et de limiter fortement les coûts de production, présente l'avantage d'utiliser des souches natives adaptées au milieu, ce qui n'est pas forcément le cas lorsque l'on importe au Brésil des EM produits au Japon, par exemple... Ces paysans déclarent alors qu'ils ne veulent pas qu'une entreprise transnationale s'empare une nouvelle fois de leurs connaissances et dépose un brevet sur leur découverte, et ils décident de la partager avec d'autres paysans du pays et d'ailleurs.



Vers le milieu des années 2000, à partir d'un échange d'expériences avec le mouvement d'agriculture biologique costaricien (MAOCO), la technologie *Micro-Ben* est introduite à Cuba. Après deux années d'études et d'essais dans la station expérimentale de pâturages

et fourrages Indio Hatuey (EEPFIH)⁴, cette technologie est perfectionnée et adaptée aux conditions de Cuba, dans le cadre d'expérimentations à la fois en laboratoire et dans les parcelles des paysans cubains, selon la méthodologie de recherche-action propre à l'EEPFIH, qui travaille en étroite relation avec un réseau de paysans innovateurs dans la région de Matanzas et dans Cuba toute entière. Aujourd'hui on obtient à Cuba un ensemble de microorganismes très stable dans le temps, avec des impacts importants sur la production agricole, cette technologie a été baptisée *IHplus*.



Atelier d'échange paysan sur la fabrication artisanale d'EM

³ 5,90€ le flacon de 65 ml d'EM activés... 25,60€ le bidon d'1 litre d'EM activés... 99€ le bidon de 25 litres d'EM « agricole »... des prix comparables à ceux des produits phytosanitaires « classiques », qui entretiennent la dépendance de l'agriculteur vis-à-vis du marché... (source : <http://www.em-france.fr/>, consulté le 27 mars 2015).

⁴ A travers le projet BIOMAS Cuba, financé par la coopération Suisse (Cosude) et le Programme d'appui aux Innovations Agricoles Locales PIAL.



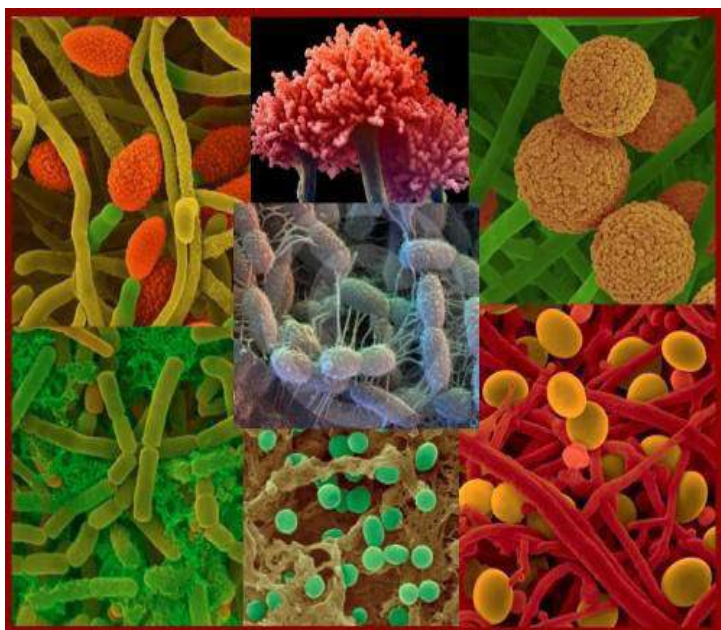
Paysans agroécologiques cubains utilisant couramment les EM produits dans leur propre ferme

Elle a ensuite été diffusée dans les campagnes cubaines au moyen d'échanges paysans et d'ateliers de formation pour que les paysans développent leurs propres EM à partir des microorganismes natifs adaptés à leurs conditions climatiques et pédologiques. Tout comme les paysans costariciens avec la technologie venue du Japon, les paysans et scientifiques cubain ont innové à leur tour pour développer de nouvelles techniques de production appropriées à leur contexte...

B. Généralités sur les microorganismes

1. Les microorganismes à l'origine de la vie sur terre

Dans l'histoire de notre planète, les microorganismes constituent la plus ancienne forme de vie que nous connaissons. Alors que notre système solaire est né il y a 4,5 milliards d'années, les fossiles les plus anciens, datant de 3,8 milliards d'années, sont des microorganismes.



On trouve des microorganismes partout dans notre environnement. Ils constituent des éléments essentiels dans l'équilibre des écosystèmes. Un seul gramme de terre est peuplé par des milliards de microorganismes. Ils ont été utilisés par l'Homme depuis très longtemps pour produire du pain, du yaourt, de la bière, du fromage, du vin, des médicaments... Ce sont des bactéries, des levures et des champignons invisibles à l'œil nu, dans la terre ils se comportent comme de petites usines biochimiques, transformant les éléments (minéraux, matières organiques...) en nutriments assimilables par les plantes. Aussi, la teneur en azote des cadavres de

microorganismes duplique la quantité disponible par les plantes, dans un sol fertile et vivant. « Comme les chameaux, les microorganismes peuvent absorber plus d'eau qu'ils n'en ont besoin. En cas de sécheresse, le surplus est restitué peu à peu au sol et aux plantes » (Tompkins & Bird, 1989).

2. Les microorganismes du sol

Il existe différents types de microorganismes du sol, lesquels peuvent être classés ainsi:

- **Décomposeurs :**

- **oxydants** : la décomposition aérobie a pour résultat l'oxydation complète du substrat et l'émission de grandes quantités d'énergie (chaleur), avec comme produit final du dioxyde de carbone et de l'eau.

- **fermenteurs** : il en existe de deux types :

- ceux qui provoquent une **fermentation utile**, la fermentation est un processus anaérobie grâce auquel les microorganismes transforment les molécules organiques complexes en composés organiques simples, directement assimilables par les plantes,
- ceux qui provoquent une **putréfaction**, décomposition anaérobie de protéines engendrant mauvaises odeurs et métabolites oxydés (ammoniac, mercaptans, indole...) souvent toxiques pour les plantes et les animaux.



La litière de sols forestiers est particulièrement riche en microorganismes

- **Synthétiques :**

- **fixateurs d'azote atmosphérique.**
- **photosynthétiques** (fixateurs de carbone atmosphérique).

Les microorganismes dits efficaces (EM) appartiennent aux groupes des fermenteurs utiles et des synthétiques.

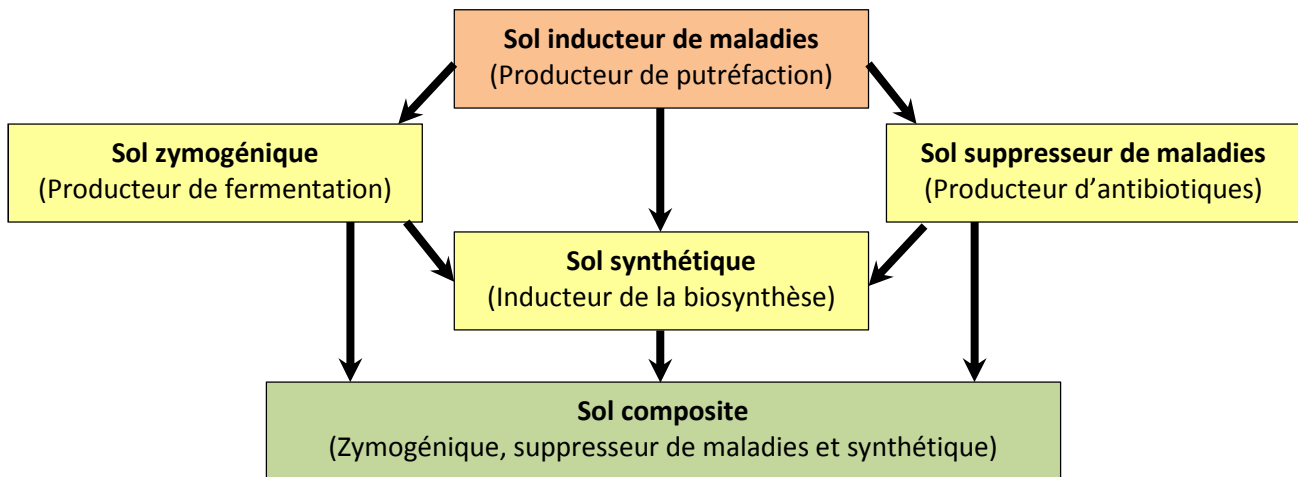
3. Le principe de dominance

Le professeur Higa, lui, divise le monde des microorganismes en 3 grandes familles (Higa, 1993):

- Les **dominants nocifs** (aussi appelés **négatifs** ou **destructifs**), responsables de la destruction, la dégénération, la putréfaction et l'oxydation. Ils produisent des substances oxydantes et des radicaux libres (oxygène agressif) qui provoquent des maladies. Lorsque ces phénomènes sont trop importants, le milieu devient malade (augmentation de l'entropie, perte d'énergie...), les plantes s'affaiblissent et deviennent plus sensibles aux agressions des ravageurs. Cette famille représente plus ou moins 10% de l'ensemble des microorganismes.
- Les **dominants bénéfiques** (**positifs**, **efficaces** ou **constructifs**), responsables de la régénération, la fermentation, l'anti-oxydation, qui apportent vitalité et santé au milieu (inversion de l'entropie, enrichissement en énergie...). Dans un milieu où ceux-ci sont majoritaires, les plantes sont mieux nourries, leur système immunitaire est renforcé, elles résistent mieux aux maladies et aux parasites. De même que pour la première famille, ils représentent plus ou moins 10% de l'ensemble.
- La troisième famille, dont les membres sont largement majoritaires (80%), regroupe les microorganismes **neutres** (**opportunistes** ou **disciples**). Ceux-ci suivent l'orientation définies par l'équilibre existant entre les deux premiers groupes : vers un sol malade si les nocifs sont majoritaires ou vers un sol en bonne santé si les bénéfiques sont majoritaires.

Dans la nature, une lutte constante s'opère entre les microorganismes bénéfiques et nocifs. Les disciples s'allient aux vainqueurs et ils imitent leur comportement. En agriculture conventionnelle, les microorganismes nocifs dominent à cause de la présence de produits toxiques dans le sol, le manque de rotation de culture, l'usage de machines lourdes... En effet, si le rôle des microorganismes est de contrôler l'équilibre du sol (régénérer ou décomposer selon ses besoins), l'action de l'Homme (pollution, utilisation de produits chimiques, épuisement des ressources naturelles...) rompt l'équilibre harmonieux du milieu. L'usage des EM va permettre de le rétablir.

Higa & Parr (1994) classifient les sols selon l'activité et la fonction de leurs microorganismes prédominants (les flèches représentent les voies possibles pour régénérer un sol malade) :



C. Principaux groupes de microorganismes des EM

Les EM sont constitués d'un mélange de plusieurs dizaines de souches de microorganismes bénéfiques. Ils contiennent principalement des bactéries photosynthétiques, des bactéries fixatrices d'azote, des bactéries acidolactiques, des actinomycètes, des levures et des champignons filamenteux. Les bactéries acidolactiques représentent la masse la plus importante de l'ensemble. La grande innovation du Dr. Higa a été de découvrir que ces petits êtres vivants peuvent vivre en équilibre, les uns vivant des nutriments produits par les autres et vice-versa. Chaque famille de microorganismes remplit des tâches particulières et la combinaison des EM crée une synergie qui multiplie les effets individuels de chacun (Higa, 1994a et b, Pegorer et al., 1995 et Kyan et al., 1999).

1. Les bactéries photosynthétiques



Rhodopseudomonas sp., *Rhodobacter spaeroides*...

La plus commune des bactéries photosynthétiques présente dans les EM est la *Rhodopseudomonas palustris*. Cette bactérie non sulfureuse se rencontre communément dans le sol et l'eau non pollués.

Les bactéries photosynthétiques, comme la plupart des végétaux, utilisent les rayons du soleil et la chaleur du sol comme sources d'énergie. Elles possèdent la propriété de transformer l'énergie solaire en énergie bactérienne et d'absorber le dioxyde de carbone pour produire de la biomasse bactérienne.

Aussi, elles peuvent dégrader et recycler un nombre élevé de composés aromatiques comme la lignine et d'autres polymères présents dans le sol. Elles synthétisent des composés utiles pour d'autres bactéries et pour les plantes (acides aminés, acides nucléiques, substances bioactives et sucres) à partir de la matière organique, des sécrétions des racines des plantes et/ou de gaz nocifs (comme le sulfure d'hydrogène). Une partie des métabolites sont absorbés directement par les plantes et d'autres jouent le rôle de substrat pour le développement d'autres microorganismes bénéfiques. Les bactéries photosynthétiques sont considérées comme l'axe central de l'activité des EM car leur développement dans le sol va permettre la multiplication d'autres microorganismes efficaces.

La population de mycorhizes dans les racines augmente avec la disponibilité d'acides aminés sécrétés par les bactéries photosynthétiques. Les mycorhizes permettent de solubiliser les phosphates, apportent du phosphore aux plantes et coexistent avec azotobacter pour fixer l'azote atmosphérique.

2. Les bactéries acidolactiques

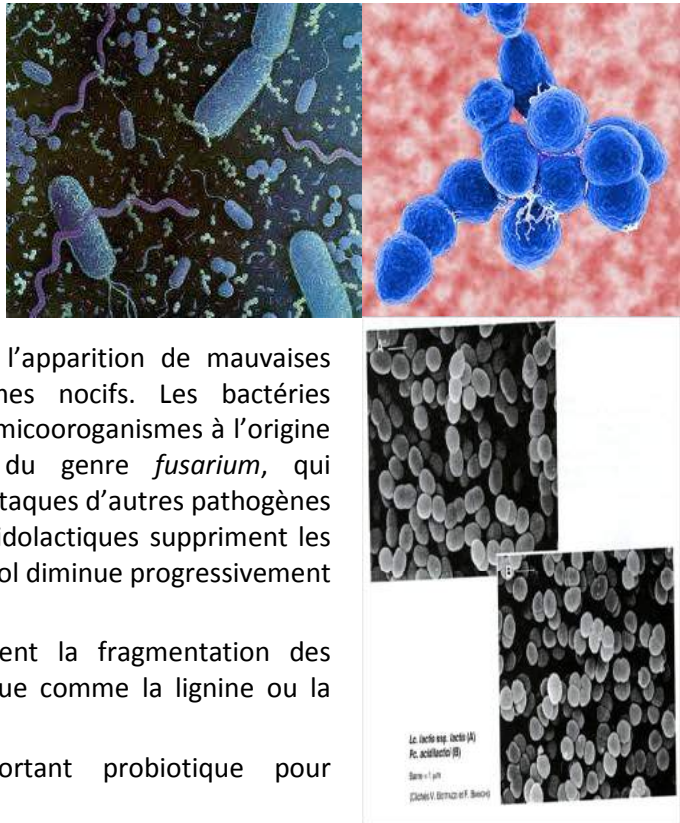
Lactobacillus plantarum, *Lactobacillus casei*, *Streptococcus lactics*...

Comme leur nom l'indique, ces bactéries produisent de l'acide lactique à partir des sucres et autres glucides synthétisés par les bactéries photosynthétiques et les levures.

L'acide lactique est un stérilisant puissant, il supprime les microorganismes pathogènes et accélère la décomposition de la matière organique, évitant ainsi la putréfaction et l'apparition de mauvaises odeurs due à l'action de microorganismes nocifs. Les bactéries acidolactiques tendent ainsi à supprimer les microorganismes à l'origine de maladies, comme les champignons du genre *fusarium*, qui affaiblissent les plantes et les exposent aux attaques d'autres pathogènes et ravageurs. A mesure que les bactéries acidolactiques suppriment les *fusarium*, la présence de nématodes dans le sol diminue progressivement jusqu'à disparaître.

Aussi, les bactéries acidolactiques accélèrent la fragmentation des composés complexes de la matière organique comme la lignine ou la cellulose, évitant ainsi leur putréfaction.

Elles constituent par ailleurs un important probiotique pour l'alimentation animale



3. Les bactéries fixatrices d'azote

Azotobacter sp, *Rhizobium sp*...

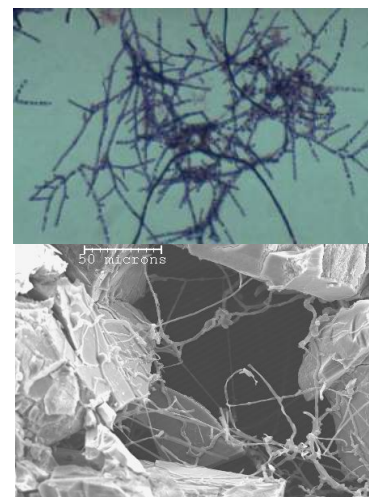
Ces bactéries, qui fixent l'azote atmosphérique, coexistent avec les bactéries photosynthétiques. Elles ont besoin d'oxygène pour vivre et produisent de l'azote alors que les bactéries photosynthétiques ont besoin d'azote et produisent de l'oxygène. Elles coexistent de façon simultanée ou alternée et enrichissent le sol.



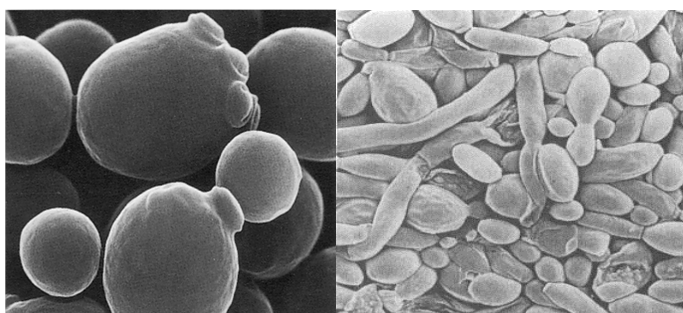
4. Les actinomycètes

Streptomyces albus, *Streptomyces griseus*...

Les actinomycètes sont des eubactéries anaérobies dont la structure filamenteuse a souvent été comparée à celle des champignons. En plus d'être des maillons importants dans la décomposition de la matière organique (notamment de la cellulose et de la chitine), les actinomycètes produisent des substances antimicrobiennes, qui éliminent les champignons nocifs et les bactéries pathogènes, à partir des acides aminés et des glucides produits par les bactéries photosynthétiques et de la matière organique. Ils améliorent la qualité des sols de par leur action sur l'activité microbienne.



5. Les levures



Saccharomyces cerevisiae, Candida utilis...

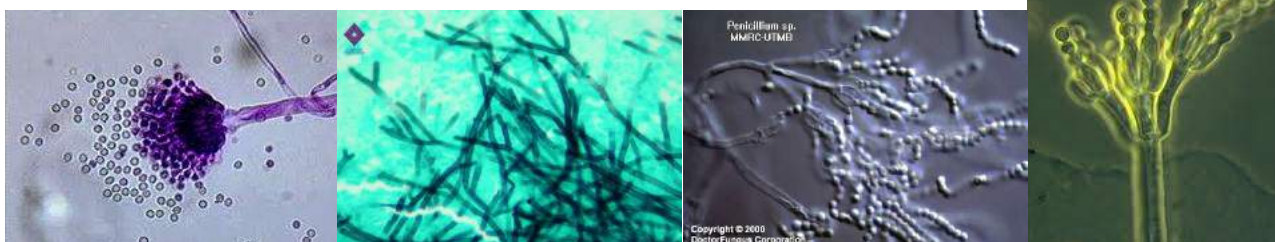
Ces champignons unicellulaires synthétisent des substances anti-microbiennes utiles à partir des acides aminés et des glucides (secrétés par les bactéries photosynthétiques), de la matière organique présente dans le milieu (qu'elles décomposent par fermentation anaérobie) et des sécrétions des racines des plantes.

Les substances bioactives produites par les levures, comme les hormones et les enzymes, sont ensuite réutilisées par les bactéries acidolactiques et les actinomycètes. Elles permettent également d'augmenter la division cellulaire et la croissance racinaire.

Les levures constituent également d'importants probiotiques pour l'alimentation animale, aussi bien des monogastriques que des ruminants. Elles jouent un rôle dans le contrôle du pH du rumen et sont considérées comme une source naturelle de vitamines et acides organiques pour la population microbienne du rumen.

6. Les champignons filamenteux ou fermenteurs

Aspergillus oryzae, Mucor hiemalis, Aspergillus sp., Penicillium sp, Trichoderma sp, Rhizopus sp...



Les champignons jouent divers rôles importants dans la vie du sol et leur présence au sein des EM leur confère une part importante de leurs propriétés, entre autres pour équilibrer la flore bactérienne et éliminer certains organismes pathogènes. Les champignons filamenteux comme *Aspergillus* et *Penicillium* décomposent rapidement la matière organique pour produire des alcools, des esters et des substances antimicrobiennes. Ils préviennent la multiplication d'insectes ravageurs et de nématodes du sol ainsi que l'apparition de mauvaises odeurs.

Les préparations d'EM, dont le pH est acide (3,5-3,8), sont peu propices au développement de ces organismes, dont les concentrations sont très limitées au sein des solutions mères. Ceux-ci sont en effet présents sous forme latente, mais une fois libérés dans le milieu ils se développent rapidement, comme le montre le tableau suivant :



Blocs de mycéliums provenant d'EM solides

	Substrat solide anaérobie	Solution liquide aérobie		
		A l'ouverture	Après 7 jours	Après 15 jours
Mésophiles aériens	30.000	1.000	30.000	20.000
Levures	30.000	20	30.000	5.000
Champignons	<10	200	200	10.000

Tableau 1 : présence de différents microorganismes à différents stades des EM (Blanco et al., 2011)

D. Comment travaillent les EM?

1. Une synergie complexe

Le professeur Higa schématise les interactions entre les microorganismes du sol de la manière suivante :

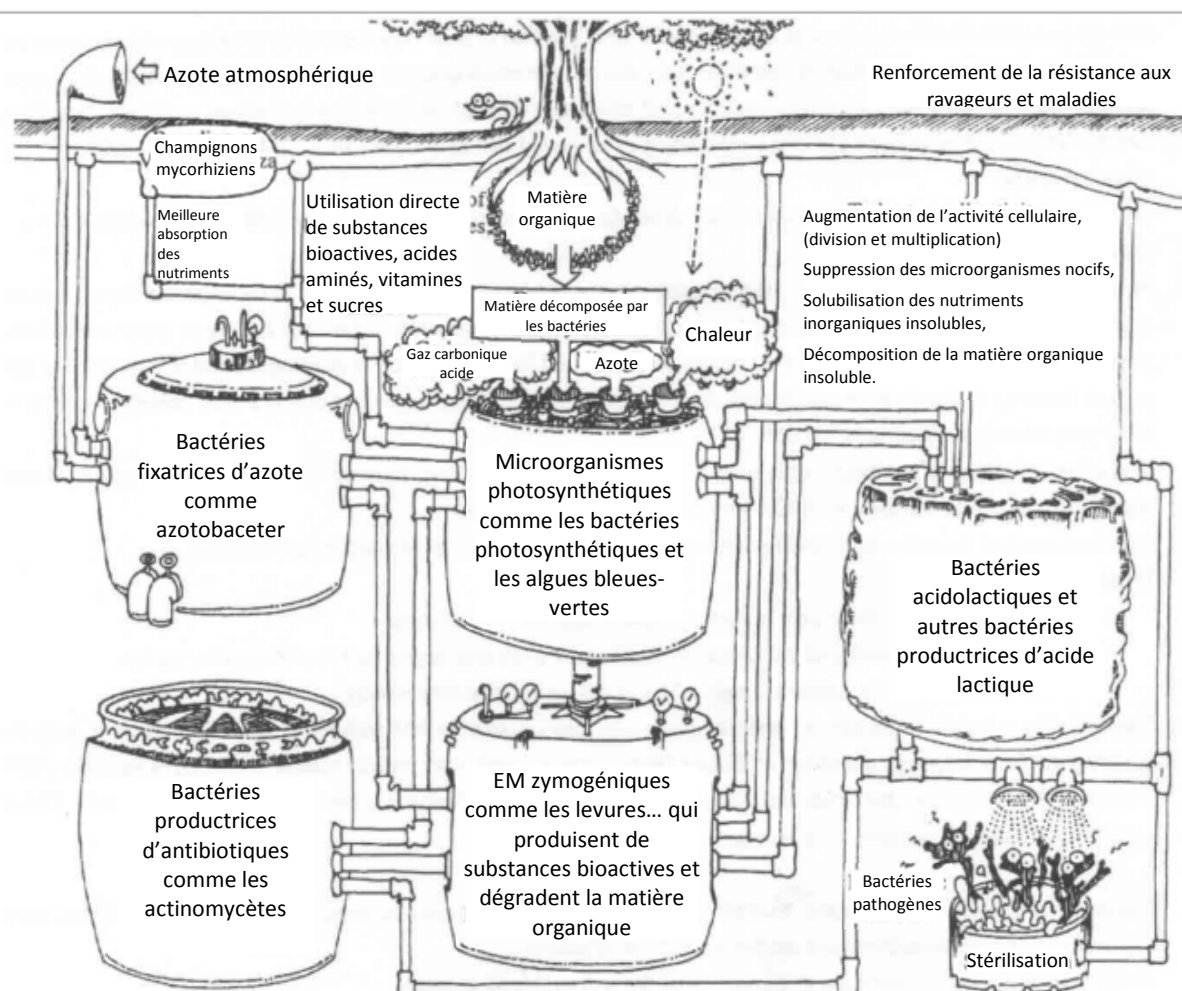


Figure 1 : Les interactions entre les microorganismes du sol (Higa, 2011)

Les EM sont des organismes vivants. A l'inverse des produits chimiques, qui eux détruisent la vie, les EM enrichissent les populations de microorganismes bénéfiques du sol. Leur application permet de rendre aux sols appauvris la synergie qui existe entre les différentes familles de microorganismes présents dans les sols non perturbés. Ils ne détruisent pas complètement les microorganismes nocifs, ils freinent leur développement et leur activité. Les EM présentent donc l'avantage de ne pas favoriser l'apparition de souches résistantes, phénomène que les produits chimiques, eux, favorisent, de par leur action destructive.

La particularité des EM consiste en la combinaison de microorganismes aérobie et anaérobie. Le monde scientifique a longtemps cru qu'il était impossible que ces deux groupes cohabitent, car leurs conditions de vie sont contradictoires. Cependant les deux groupes coexistent dans le sol. Avant la découverte des EM, on pensait que les microorganismes aérobie étaient les « bons », et les anaérobie les « mauvais ». On sait maintenant que les deux groupes contiennent des éléments qui favorisent des maladies et d'autres qui les préviennent.

Chacune des espèces contenues dans les EM a sa propre fonction, importante au sein de l'ensemble. Cependant les bactéries photosynthétiques constituent la base du fonctionnement des EM, puisqu'elles génèrent les composés nécessaires au développement des autres microorganismes tout en métabolisant certains composés produits par d'autres bactéries. Cette propriété a été décrite par le Dr. Higa comme **coexistence** et **coprospérité** (Higa, 1994a et b).

Les EM se développent comme une communauté dans le sol, en harmonie avec les autres microorganismes natifs. En effet ils peuvent compter sur la grande masse de microorganismes neutres (opportunistes ou disciples) qui les aident dans leur action bénéfique. La microflore s'enrichit et l'écosystème microbien trouve progressivement un nouvel équilibre, alors que les agents pathogènes se font plus rares. Peu à peu ce nouvel équilibre vivant transforme les sols promoteurs de maladies en sols supprimeurs de maladies.

Les systèmes de culture conventionnels en monoculture nécessitent un usage intensif de fertilisants et pesticides chimiques, qui vont détruire les microorganismes bénéfiques du sol et favoriser ainsi le développement des microorganismes nocifs producteurs de maladies comme les champignons pathogènes par exemple (Higa & Parr, 1994; Parr & Hornick, 1994). L'application d'EM dans le sol, couplée à l'adoption de pratiques agroécologiques (engrais organiques, rotations et associations de cultures, travail du sol limité, mulch, plantes de couverture et engrais verts, etc...), va donc permettre d'inverser la tendance et de faire pencher la balance vers l'action régénérante des microorganismes efficaces, bientôt suivis par les microorganismes opportunistes.

Une fois leur présence affirmée dans le sol, les EM et d'autres microorganismes bénéfiques (bactéries, mycorhizes, algues...) coexistent dans la rhizosphère en symbiose avec les plantes (Higa, 1994a et b). En effet, alors que les racines des plantes fournissent des substances utiles aux microorganismes (glucides, acides aminés, acides organiques et enzymes), ceux-ci leurs fournissent en retour d'autres molécules importantes (acides aminés, acides nucléiques, vitamines, hormones...).

2. Trois principaux mécanismes d'action

a) La fermentation

L'action des EM entraîne la fermentation des matières organiques présentes dans le sol, libérant ainsi de nombreuses substances bioactives comme des acides organiques, alcools, minéraux chélatés, sucres, acides aminés, enzymes, vitamines, antibiotiques, antioxydants... (Zarb & Chiang, 2001). Ces transformations ne produisent pas de dérivés nocifs (comme l'ammoniac ou le méthane), au contraire ceux-ci sont dégradés. Ces substances dérivées, directement disponibles pour les plantes, augmentent la fertilité et la rétention d'eau du sol, et fortifient les plantes en renforçant leurs défenses naturelles.

b) L'antioxydation

Les EM, en tant que microorganismes structurants et régénérants, produisent des substances antioxydantes qui combattent les radicaux libres, responsables de l'oxydation qui crée un milieu propice au développement d'agents pathogènes responsables des maladies. Un milieu oxydé provoque une augmentation de l'entropie et une dispersion de l'énergie du sol, sous forme de molécules toujours plus pauvres et moins profitables aux végétaux. Les EM permettent une inversion de l'entropie, le sol s'enrichit, le milieu se régénère et retrouve sa vitalité et sa santé. Les effets antioxydants favorisent la décomposition de la matière organique et la création d'humus, tout en limitant le développement des maladies (Higa, 1994a et b).

c) La dépollution

Les EM transforment également les molécules chimiques présentes dans les sols (herbicides, insecticides, fongicides...) et permettent de dépolluer les terres abimées par plusieurs décennies de révolution verte. Les métaux lourds sont complexés par les EM, évitant leur assimilation par les

plantes (Higa, 1991), lesquels accélèrent également la dégradation naturelle des dioxines (Kyan et al., 1999).

3. Una action progressive et durable

Selon le type de problème rencontré, on observe une amélioration après plusieurs minutes (disparition de mauvaises odeurs), jours (protection des cultures, amélioration des rendements) ou années (régénération d'un sol malade ou stérile).

Les microorganismes se propageant de façon naturelle, les besoins en EM diminuent avec le temps, jusqu'à atteindre des doses minimales, afin de maintenir les populations présentes dans le sol. Ainsi durant les premières années, l'apport d'EM peut être régulier (jusqu'à 1 à 2 fois par semaine) mais par la suite une seule application annuelle peut suffire.

E. Analyse microbiologique et innocuité

La composition microbienne des EM peut varier énormément selon les matériaux utilisés et le mode de préparation. Les EM obtenus avec des moyens artisanaux ont été étudiés au Costa Rica et à Cuba, et nous apportent quelques éléments sur leur composition :

MICRO-BEN (Costa Rica):

- Total aérobie $1,5 \times 10^6$ UFC/ml
- Total champignons $1,1 \times 10^2$ UFC/ml
- Levures $1,4 \times 10^3$ UFC/ml

IHplus (Cuba)

- Bactéries acidolactiques 10^4 UFC/ml
- Bactéries phototrophes 10^3 UFC/ml
- Levures 10^3 UFC/ml

Source : Díaz, 2011



Aussi, tout comme les résultats de nombreux travaux (comme ceux de Murányi (2002) en Hongrie) démontrent l'innocuité des EM, les cubains ont réalisé des analyses pour vérifier l'absence de microorganismes pathogènes dans les solutions d'IHplus :

	Substrat solide	Solution liquide		
		A l'ouverture	Après 7 jours	Après 15 jours
Mésophiles aériens	30.000	1.000	30.000	20.000
Levures	30.000	20	30.000	5.000
Champignons	<10	200	200	10.000
E. Coli totales	<10	<10	<10	<10
E. Coli fécales	<10	<10	<10	<10
Salmonelles	<10	<10	<10	<10

Tableau 2 : Analyse microbiologique des EM activés à différents stades (Díaz, 2011)

II. Comment préparer soi-même les EM?

Outre l'avantage de limiter notre dépendance face aux firmes internationales, l'intérêt d'une production locale des EM (à partir de litière forestière prélevée localement) est d'obtenir des souches microbiennes adaptées au milieu dans lequel elles vont être utilisées, avec des populations diversifiées. A l'inverse, les EM que l'on trouve sur le marché contiennent un nombre limité de souches spécifiques, sélectionnées pour leur supposée efficacité (qui ne sera pas la même selon les milieux). Comme nous l'avons avancé au chapitre I.A.2.b, les paysans latino-américains ont su développer des techniques artisanales de production d'EM. Nous allons voir dans ce chapitre en quoi consistent ces techniques simples et reproductibles.

A. Recherche et sélection des matières premières

Les matériels à utiliser peuvent se classer en différents groupes (Blanco & García, 2010, 2012) :

1. Litière de forêt peu perturbée

C'est bien entendu l'élément le plus important car du choix de la litière dépendra une grande partie de la population microbienne et donc le produit final. Il faut se procurer une litière en cours de décomposition provenant de forêts peu perturbées par l'homme, idéalement sans aucune intervention humaine depuis plus de 20 ans, sans polluants chimiques ou autres perturbations dues à l'action humaine (agriculture, élevage, pollution industrielle, passage de véhicules motorisés, etc...) ou à des phénomènes naturels (inondations, incendies...). On recherche un site d'intense activité microbienne. La présence de plaques de mycéliums dans la litière (masse blanche caractéristique) semble un bon indicateur de l'activité microbienne de la litière. On choisira la litière présente dans les couches intermédiaires, en évitant la litière superficielle et celle mélangée à de la terre.



Litière forestière présentant des mycéliums blancs

A Cuba, certains conseillent d'utiliser la litière présente sous les forêts de bambous, car elle serait



Ramassage de litière dans un bosquet de bambou pour la préparation d'EM à Sancti Spiritus (Olivera et al., 2014a)

particulièrement riche en microorganismes efficaces (Olivera et al., 2014a), d'autres préfèrent utiliser la litière de la végétation spontanée afin de privilégier les microorganismes adaptés au milieu. De nombreux paysans préfèrent mélanger des litières de diverses provenances afin de diversifier les souches de microorganismes. Citons l'exemple de Joel et Daniel Pupo Hernandez, paysans d'Holguín qui utilisent des litières de forêt naturelle et de bosquets de bambou et de *marabú* (*Dichrostachys cinerea*, arbre légumineuse envahissant à Cuba).

Pour un usage agricole, il est recommandé aussi de chercher dans un site le plus proche possible du lieu d'utilisation, qui présente des caractéristiques (type de sol, végétation naturelle, climat...) similaires, pour s'assurer d'obtenir des microorganismes adaptés au territoire dans lequel ils vont être utilisés (Olivera et al., 2014a).

Une fois la litière ramassée, elle doit être utilisée le plus rapidement possible, car lorsqu'elle est retirée de son milieu naturel les conditions de vie des microorganismes sont affectées.

2. Une source de sucres facilement fermentables

Source d'énergie pour les microorganismes, c'est un élément très important pour obtenir une cascade de fermentation très rapide et une colonisation importante des autres matériaux par les microorganismes. Les sources les plus utilisées à Cuba sont la mélasse (résidu de transformation de la canne à sucre par l'industrie sucrière), le « *guarapo* » jus de canne pressée et la canne moulue (qui remplace alors une partie de la source de fibres). On rapporte également l'utilisation de *chankaka* en

Bolivie, de *panela* en Colombie (préparations artisanales à base de canne à sucre) et de sirop de sucre de canne au Portugal. Selon certains on peut également utiliser du jus de fruit naturel (d'un fruit particulièrement sucré) ou, faute d'autre chose, du sucre brun dilué dans l'eau.

Dans certains cas où les EM étaient destinés à la consommation humaine (usage médicinal), le miel a également été utilisé avec succès.

3. Une source d'amidon et de fibres

L'amidon va fournir les glucides qui permettront la survie des microorganismes, une fois épuisée l'énergie apportée par les sucres solubles. La source d'amidon doit contenir suffisamment de fibres pour permettre une croissance appropriée des champignons présents dans les EM. A Cuba, c'est la semoule de riz qui est la plus utilisée, mais certains paysans utilisent avec succès de la semoule de maïs. Pour les pays qui en produisent, le blé peut également être utilisé. On peut également utiliser d'autres céréales, comme le sorgho ou l'avoine, mais on prendra soin d'ajouter des fibres sous forme de paille sèche (Blanco & García, 2012).

4. Une source naturelle de lactobacilles

Le petit lait est la source de lactobacille la plus adaptée, car elle ne concurrence pas l'alimentation humaine. Dans le cas où celui-ci n'est pas facilement disponible, on peut également utiliser du yaourt (de lait ou de soja) ou du lait frais (non bouilli, ni pasteurisé). Les bactéries acidolactiques, et plus particulièrement l'acide lactique qu'elles secrètent, sont importants pour la stabilité du produit final. Ce composé est en effet inhibiteur de la croissance bactérienne et il confère une certaine stabilité lors du stockage des EM (plus d'un an pour le substrat solide et plus de 6 mois pour les EM liquides, Blanco & García, 2012).

5. L'eau

L'eau utilisée doit être pure, elle ne peut être ni chlorée, ni polluée. On peut utiliser de préférence de l'eau de puits ou de pluie. L'eau est importante pour garantir le taux d'humidité lors de la fermentation solide et comme moyen de dispersion dans le cas de la préparation liquide.

B. Mécanismes de croissance des populations bactériennes

Les EM s'obtiennent à partir de cultures de microorganismes dans des conditions adéquates pour favoriser la croissance équilibrée des populations de microorganismes bénéfiques (anaérobie, nutriments équilibrés, obscurité, température stable...), lesquels doivent dominer les microorganismes nocifs et les faire disparaître du milieu.

Lorsqu'une cellule bactérienne se trouve dans un milieu nutritionnellement adapté, elle grandit et se divise. La croissance des populations bactériennes, dans un système de culture fermé, est limitée par l'épuisement des nutriments ou par l'accumulation de produits toxiques du métabolisme. Dans le cas de la fermentation anaérobie dans les récipients hermétiques utilisés pour obtenir des EM, les conditions se rapprochent de celles d'un système fermé, sans apport continu de nutriments. Le développement des microorganismes suit alors une courbe semblable à celle de la figure 1. Cette courbe montre 4 phases caractéristiques:

Une phase de latence (a) qui cache en réalité une intense activité métabolique car de nombreux composés macromoléculaires sont produits.

Lors de la phase exponentielle (b) les cellules se divisent à une vitesse constante, déterminée par le type de bactéries et les conditions du milieu. A la fin de cette période commence la libération d'exotoxines par certaines bactéries.

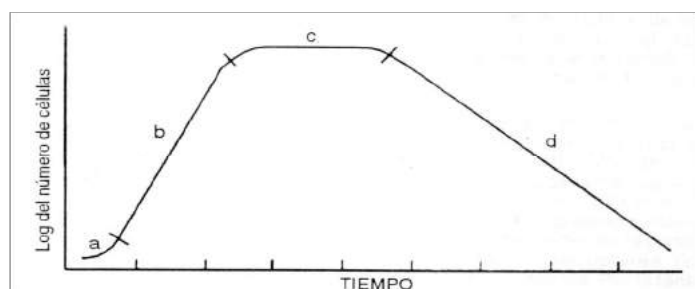


Figure 2: Croissance bactérienne en milieu fermé (Blanco & Garcia, 2012)

La phase stationnaire (c) a lieu lorsque se les nutriments s'épuisent ou du fait de l'accumulation des produits toxiques, situations qui déterminent l'arrêt de la croissance. Certaines cellules continuent de se diviser alors que d'autres meurent. A la fin de cette étape peut advenir la sporulation des bactéries qui possèdent ce mécanisme de résistance.

Lorsque le taux de mortalité augmente, c'est la phase de déclin (d). Le nombre de bactéries viables diminue rapidement jusqu'à disparition totale.

C. Préparation des EM solides

1. Proportions

Les quantités de matières premières pour la préparation du substrat solide varient selon les sources consultées et les ingrédients utilisés. Le tableau suivant donne quelques exemples :



Matière première	<i>IHplus</i> , EEPFIH, Cuba (Blanco & García, 2010)	Université de Sancti Spiritus, Cuba (Olivera et al., 2014a)	Omar Gonzáles, Cárdenas, Cuba	Canada (Olivera et al., 2014b)	<i>Microben</i> Costa Rica
Litière	30 Kg	30 Kg	1 sac (≈ 15 Kg)	30 Kg	15 Kg
Source de sucres rapides	10 L de mélasse	10 L de mélasse	2 L de mélasse ou 5 L de jus de canne	10 L de mélasse	4 L de mélasse
Source d'amidon et de fibres	46 Kg de semoule de riz	46 Kg de semoule de riz	3 Kg de semoule de riz et 20 kg de canne à sucre moulue	40 Kg de farine de blé complet	30 Kg de semoule de riz
Source de lactobacilles	10 L de petit lait	10 L de petit lait	1 L de lait ou yaourt	10 L de yaourt Bio	4 L de petit lait
Eau	Selon l'épreuve du poing		7 à 10 L, selon l'épreuve du poing	Selon l'épreuve du poing	16 L

Tableau 3 : Comparatif de la composition de différentes préparations artisanales en vue de l'obtention d'EM solide

2. Mode de préparation

Une fois obtenus tous les ingrédients, on procède au mélange de la façon suivante (Blanco & García, 2010, Olivera et al., 2014a):



Etape 1:

Sur un sol lisse ou sur une bâche plastique, répandre les matériaux solides (litière et source d'amidon et de fibres) et les brasser jusqu'à obtenir un mélange bien homogène (photos prises chez Omar Gonzalez lors d'un atelier de formation).



Etape 2:

Mélanger dans un seau ou un bidon à part les composants liquides (mélasse ou *guarapo*, petit lait, eau en petite quantité, etc...). Au cas où l'on dispose déjà de solution liquide d'EM, on peut en ajouter 1 litre au mélange, de façon à récupérer et multiplier les souches obtenues auparavant. Arroser la phase solide avec la phase liquide et remuer pendant 5 à 10 minutes, d'abord grossièrement avec une pelle, puis plus finement à la main, jusqu'à obtenir un mélange le plus homogène possible.



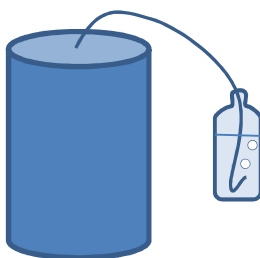
La quantité d'eau dépend du type de matériel utilisé (litière plus ou moins humide, source de lactobacille, d'énergie...). Le mélange final doit avoir une humidité de 40-50% pour permettre une fermentation correcte. En cas d'excès d'eau des gouttes se formeront lors du compactage, provoquant alors une putréfaction, alors qu'un manque d'eau ne permettrait pas d'obtenir une fermentation uniforme du mélange. Le meilleur moyen de vérifier le taux d'humidité est l'épreuve du poing : lorsqu'on écrase avec force une poignée de mélange, il ne doit pas y avoir de gouttes qui coulent (excès d'eau), mais la poignée de mélange doit rester compacte lorsqu'on ouvre la main. Mieux vaut mettre trop peu d'eau dans un premier temps puis en rajouter petit à petit jusqu'à obtenir le taux d'humidité voulu.



Epreuve du poing satisfaisante

Etape 3:

Remplir un récipient hermétique avec le mélange. Au fur et à mesure qu'on l'introduit dans le récipient, compacter en écrasant avec une pierre, une houe ou avec les pieds, afin de chasser l'air et garantir la fermentation anaérobie. Certains conseillent de mettre un grand sac plastique à l'intérieur du bidon et de laisser un espace de 10-15 cm entre le mélange et le couvercle car une augmentation du volume peut advenir... (Attention, on reporte certains cas d'explosion...). Les sacs plastiques



permettent par ailleurs de mieux

garantir l'herméticité (notamment dans le cas où l'on ne dispose pas d'un récipient très hermétique). D'autres conseillent l'installation d'un système de dégazage pour éviter de possibles explosions.

Si le récipient est translucide, il faut le couvrir avec une toile ou une bâche pour empêcher la lumière d'y pénétrer.

Etape 4 :

On attend alors pendant une période de 21 à 25 jours. Afin de ne pas affecter le développement des bactéries, le récipient doit être stocké à l'abri des rayons du soleil et ne doit pas être ouvert ou déplacé durant le temps. Il doit être maintenu à une température à peu près constante (idéalement 27 à 29°C, mais les températures pour lesquels la fermentation s'effectue correctement oscillent entre 25 et 40°C), en évitant des changements brusques entre le jour et la nuit.



Les différentes étapes de la préparation d'EM solides (Source: Olivera et al., 2014a)

3. Vérification du produit final

Après ce temps on obtient un produit solide, d'odeur agréable, de couleur obscure et de pH acide (idéalement entre 3,5 et 3,8). Si le pH est égal ou supérieur à 4, il est recommandé d'ajouter de la mélasse (ou autre source de sucres rapides) et de refermer le récipient. L'odeur caractéristique, semblable à celle de la fermentation du vin, est la meilleure preuve du bon déroulement de la fermentation.

Si l'herméticité n'était pas totale on peut observer dans certains cas la présence d'une masse compacte, blanche, à la surface de l'EM solide, témoin de la présence de champignons, lesquels s'agglutinent pour se protéger du pH acide de l'ensemble. Cela ne semble cependant pas affecter l'efficacité des EM.

Si en ouvrant le récipient on observe que le processus n'est pas totalement achevé, il peut y avoir diverses causes à cela : température inadaptée, litière insuffisamment décomposée, mauvaise homogénéité ou herméticité, erreur dans le mélange et les quantités... On recommande alors de sortir le mélange, rajouter du petit lait et de la mélasse, brasser de nouveau pour obtenir l'homogénéité et l'humidité voulue (hors du récipient), remplir et refermer le récipient.

Si en ouvrant le récipient il se dégage une mauvaise odeur (putréfaction, vinaigre...), recommencer avec de nouveaux matériaux.

Une fois la fermentation finie, l'EM solide peut être conservé pendant une durée de 6 mois à 1 an (Blanco & García, 2010).



l'EM plus solide prêt à l'emploi
(Blanco, 2012)

4. Méthode alternative à partir de riz cuit

D'autres sources en Amérique Latine proposent une méthode alternative pour la production artisanale d'EM, à partir de riz cuit (Bonfim et al., 2011) :

- Faire cuire approximativement 700 grammes de riz (sans sel).
- Placer le riz cuit dans un récipient en plastique, sur un morceau de bois ou dans un bambou fendu en deux⁵.
- Couvert d'un tissu fin (gaze ou autre)
- Placer le tout au milieu d'une forêt peu perturbée (là où l'action de l'homme se fait le moins sentir) pour capturer les EM.

Au bout de 10 à 15 jours, récupérer le récipient. Les zones du riz qui montrent une coloration rose, bleue, jaune ou orangée sont celles où se sont développés les EM. Les parties qui présentent une coloration grise, marron ou noire sont celles où se sont développés les microorganismes nocifs. Récupérer le riz coloré et l'utiliser pour préparer des EM activés selon la méthode décrite ci-après.

⁵ Haro (2013) propose de placer le riz cuit dans une bouteille en plastique, boucher le goulot de la bouteille avec du tissu, enterrer à moitié la bouteille et la recouvrir de litière. Après 2 semaines, déterrer la bouteille, récupérer le riz imprégné de microorganismes, et bien mélanger avec une solution d'un litre de mélasse et trois litres d'eau (solution mère). Les EM activés seront obtenus à partir de cette solution mère (voir ci-après).

D. Activation des EM à l'état liquide

Bien qu'utilisables aussi à l'état solide, dans la majorité des cas on procède à la conversion des EM de l'état solide à l'état liquide (aussi appelé EM activés) pour les multiplier et faciliter leur utilisation.

1. Proportions

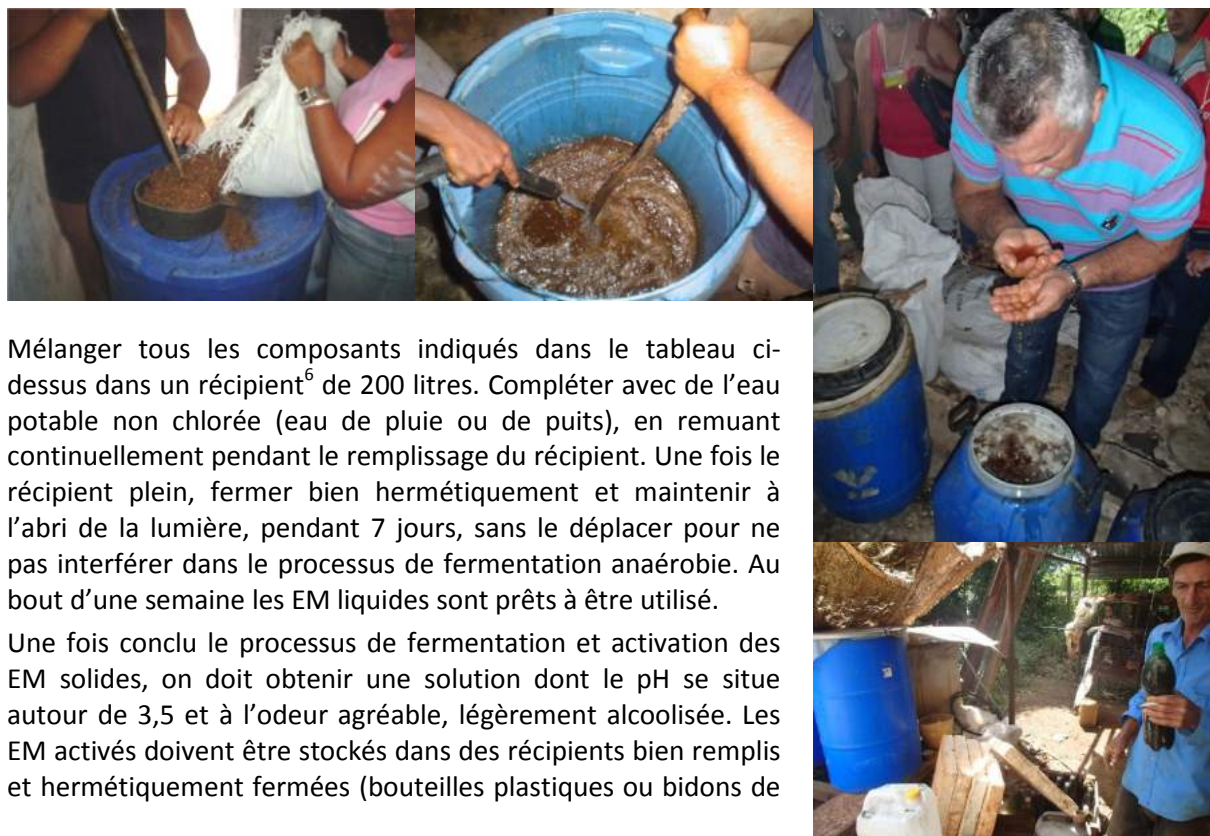
Les quantités de matière première pour la préparation du ferment liquide varient également selon les sources:

Matière première	Manuel de fabrication d' <i>IHplus</i> EEPFIH, Cuba (Blanco & García, 2010)	Université de Sancti Spiritus, Cuba (Olivera et al., 2014a)	Omar Gonzáles (Cárdenas, Cuba)	<i>Micro-Ben</i> Costa Rica (1)	<i>Micro-Ben</i> Costa Rica (2)
Volume du récipient	200L	100 L	50 L	20 L	200 L
EM Solide	10 Kg	5 Kg	2,5 Kg	3 Kg	25 Kg
Mélasses	10 L	5 L	1,5 L	0,5 L	20 L
Petit lait ou substituts	10 L	5 L	1 L	0,5 L	20 L
Eau	Jusqu'à remplir le récipient			16 L	140 L

Tableau 4 : Comparatif de la composition de différentes préparations artisanales en vue de l'obtention d'EM liquide ou activé

La relation entre les quantités de matériel est exponentielle et non arithmétique, ce qui explique les différences entre les proportions selon les volumes (notamment pour le *Micro-Ben*).

2. Mode de préparation (pour 200 litres d'*IHplus*)



Mélanger tous les composants indiqués dans le tableau ci-dessus dans un récipient⁶ de 200 litres. Compléter avec de l'eau potable non chlorée (eau de pluie ou de puits), en remuant continuellement pendant le remplissage du récipient. Une fois le récipient plein, fermer bien hermétiquement et maintenir à l'abri de la lumière, pendant 7 jours, sans le déplacer pour ne pas interférer dans le processus de fermentation anaérobie. Au bout d'une semaine les EM liquides sont prêts à être utilisés.

Une fois conclu le processus de fermentation et activation des EM solides, on doit obtenir une solution dont le pH se situe autour de 3,5 et à l'odeur agréable, légèrement alcoolisée. Les EM activés doivent être stockés dans des récipients bien remplis et hermétiquement fermés (bouteilles plastiques ou bidons de

⁶ Le récipient (bidon, baril, tonneau...) doit être hermétique et bien propre, il ne doit pas avoir contenu de produits chimiques auparavant.

20 litres par exemple, en fonction de l'usage que l'on en fera par la suite). Il est alors conseillé de l'utiliser rapidement (7 jours selon Kyan et al., 1999) mais à Cuba certains paysans le conservent beaucoup plus longtemps (jusqu'à 6 mois, Blanco & Garcia, 2012), en veillant à les conserver dans un endroit sec et ombragé, à une humidité de 40-50%, hermétiquement fermés et sans changement brusque de température.

Pour l'activation des volumes supérieurs à 200 litres, il est fortement recommandé d'utiliser un système d'échappement des gaz.

E. Transmission de l'expérience cubaine au Canada

Les modes de préparations cités plus hauts ont été développés en milieu tropical, notamment au Costa Rica et à Cuba. Pour transférer cette technologie sous un climat tempéré, on imagine aisément qu'une adaptation serait nécessaire. Cependant, en 2014, le professeur Olivera, de l'Université de Sancti Spiritus à Cuba, en collaboration avec l'Institut d'Horticulture Durable de l'Université Polytechnique de Kwantlen, à Vancouver, Canada, a expérimenté la préparation d'EM de forme artisanale selon la méthode cubaine à partir d'ingrédients facilement disponibles (voir tableau 3) dans cette région au climat tempéré (Olivera et al., 2014b). La litière des forêts de conifères (écosystèmes les plus courants dans cette région) a été utilisée et semble avoir donné de bons résultats (à l'étude en 2015).



Production d'EM à Vancouver, Canada (Source: Olivera et al., 2014b)

III. A quoi servent et comment utiliser les EM?

A. Pour l'agriculture

Les propriétés des EM pour l'agriculture ont été largement démontrées en tant que **biostimulants végétaux, améliorateurs des propriétés du sol, supprimeurs d'agents pathogènes des sols et contrôleurs des maladies et ravageurs**. Grâce à ces propriétés les EM permettent d'accélérer le développement des plantes et d'améliorer les rendements et la qualité des récoltes.

Selon Kyan et al. (1999) et Higa & Parr (1994), les EM :

- promeuvent la germination, la croissance, la floraison, la fructification et la reproduction des cultures,
- stimulent la photosynthèse
- améliorent les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des sols,
- améliorent l'efficacité de la matière organique comme fertilisant,
- favorisent l'agrégation des particules dans les sols en produisant des polysaccharides,
- augmentent la capacité de rétention en eau des sols,
- renforcent les résistances naturelles des plantes contre les maladies et ravageurs,
- suppriment les organismes pathogènes et les ravageurs du sol,
- produisent des antibiotiques et d'autres composés bioactifs,
- induisent la complexion des métaux lourds, limitant ainsi leur assimilation par les plantes,
- permettent la dégradation de toxines, dont certains pesticides...

Dans ce chapitre seront également abordées les différentes formes d'utilisation des EM observables en agriculture de par le monde. Il est cependant impossible de proposer un dosage universel des EM, car de nombreux facteurs influent sur celui-ci : température, type de sol, biologie du sol, conditions météorologiques, type de culture, forme d'application (foliaire, par irrigation, solide...) (Olivera et al., 2014a). De plus, l'activation des EM, qui constitue une forme de dilution, joue également sur le dosage final. Finalement, s'agissant d'être vivants qui vont s'implanter et se reproduire dans les sols, les besoins en EM vont diminuer avec le temps, pour ne constituer finalement qu'une application annuelle destinée à maintenir les populations présentes dans les sols...

Nous nous limiterons donc à donner quelques exemples obtenus en recoupant les données disponibles dans les publications scientifiques et techniques (APNAN, 1996, Kyan et al., 1999, BID, 2009) et les témoignages paysans.

Bien qu'on puisse utiliser les EM directement à l'état solide (mélangés au substrat ou au sol, dilués dans l'eau puis filtrés et aspergés) on les utilise généralement activés, afin de les multiplier. Les EM activés sont utilisés le plus souvent dilués, mélangés aux engrais organiques ou pulvérisés sur les cultures et/ou le sol. La dilution varie selon le mode de préparation et les besoins (qui diminuent avec le temps), elle peut aller **de 0.2% (1:500) à 10% (1:10)**.

ATTENTION : s'agissant d'organismes vivants, les EM ne peuvent pas être pulvérisés avec des systèmes d'aspersion à haute pression, qui pourraient tuer les microorganismes !!!

Aussi, rappelons que l'usage des EM est incompatible avec l'usage de produits chimiques de synthèse, qui détruisent les microorganismes.

Les récipients et pulvérisateurs utilisés pour l'usage des EM doivent être propres et ne peuvent pas avoir servi à transporter des produits chimiques de synthèse.

1. Les EM et les engrais organiques

En accélérant la décomposition de la matière organique et en libérant des substances directement assimilables par les plantes, l'introduction d'EM dans les sols permet de limiter les apports d'engrais organiques (Weerasekera, 1999⁷, Sangakkara & Weerasekera, 2001). Cependant les EM ne constituent pas en eux-mêmes un engrais organique, pour une action durable sur la qualité des sols, il est nécessaire de maintenir un apport en matière organique (compost, humus de lombric, fumier, résidus de récolte, BRF...).

Pour enrichir les engrais organiques, on peut mélanger directement les EM solides⁸ avec le substrat avant de répandre ce dernier dans la parcelle. On peut aussi mélanger les EM à du charbon, lequel servira d'habitat pour les microorganismes.

a) *Accélérateur de compost*

Les EM sont utilisés pour enrichir le compost et accélérer sa maturation (Villatoro, 1999, Olivera, 2013). A Cuba on observe des temps de maturation divisés par deux voir plus... Durant le processus de fermentation, les EM favorisent la libération de composés solubles et améliorent les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du compost. Ils réduisent le processus de compostage de 3-6 mois à 1-2 mois (APROLAB, 2007). Ils



Aspersion d'EM sur un tas de compost, Uruguay (BID, 2009)

permettent également de réduire considérablement la présence de métaux lourds dans le produit final (Paredes, 2013). Appliqués directement sur le fumier ils permettent de garantir l'innocuité des déchets organiques et limitent rapidement les odeurs et la prolifération des mouches.

Pour la production de **compost** en couches de différents matériaux, asperger entre chaque couche de l'eau avec des EM activés dilués à 2% (BID, 2009). La fondation Mokiti Okada (1998) conseille d'appliquer 1 litre d'EM activés par mètre cube de compost.

⁷ Des travaux ont été effectués à l'aide d'isotopes stables, comme N15, pour déterminer le comportement de l'azote dans les cultures avec l'usage des EM. Weerasekera (1999) évalua ainsi l'effet des EM sur l'absorption de l'azote par le haricot dolique (*Vigna unguiculata*) et le haricot mungo (*Vigna radiata*) à partir de résidus de récolte de maïs), comparé à celui de déjections animales, en appliquant trois solutions différentes (EM dilués à 1:100, 1:500 et 1:1000). Cette étude a démontré qu'avec les EM la décomposition de la matière végétale était plus rapide et la quantité d'azote absorbée par les plantes était supérieure, la meilleure réponse étant obtenue avec une concentration à 1:500. L'effet moindre de la dilution à 1:100 pourrait être dû à l'immobilisation importante d'azote par les EM. Cette même étude a évalué la germination et le rendement du haricot dolique (*Vigna unguiculata* L. Walp), obtenant une meilleure germination et rendement à des concentrations d'EM activés de 1:500 et 1:1000.

⁸ Bien qu'on conseille généralement d'activer les EM avant usage, on peut également les utiliser directement à l'état solide, notamment pour une action à long terme sur le sol ou pour ensemercer un compost ou préparer un *bokashi*.

b) Les bokashis

Le bokashi, dont le nom japonais signifie « matière organique fermentée » ou « engrais organique fermenté » (Arias, 2001) est un engrais fermenté produit de la dégradation aérobie ou anaérobie de matériaux d'origine végétale et/ou animale. Tous comme les EM, il a été inventé par le professeur Higa. Plus rapide que le compostage (prêt en 2 à 3 semaines selon Xu, 2000), le *bokashi* permet d'obtenir un produit final moins décomposé, qui contient plus d'énergie que le compost. Selon Mendoza (1997) et Restrepo (2001), l'objectif du *bokashi* est d'activer et d'augmenter l'activité bactérienne du sol, par sa forte teneur en matière organique, énergie et microorganismes, alors qu'il est pauvre en éléments inorganiques. Parmi les avantages du bokashi, on peut citer qu'il augmente la teneur en microorganismes efficaces du sol et la biodiversité, il permet de produire de l'engrais organique en peu de temps, il ne produit pas de mauvaises odeurs et il apporte des substances organiques (acides aminés, vitamines, acides organiques, enzymes, hormones, substances antioxydantes...) au sol (FAO, 1991).



Aspersion d'EM sur un tas de compost, Uruguay (Kyan et al., 2009)

Le *bokashi* peut être aérobie ou anaérobie selon le type de fermentation utilisé. Le *bokashi* aérobie présente l'avantage de pouvoir être produit en grandes quantités, mais il peut provoquer une perte importante d'énergie si la température n'est pas bien contrôlée durant le processus... Le *bokashi* anaérobie, produit dans des conditions proches de l'ensilage, maintient l'énergie présente initialement dans la matière organique, mais une mauvaise manipulation peut affecter sa qualité. Au Japon on utilise principalement le *bokashi* anaérobie alors que dans d'autres pays comme la Thaïlande l'aérobie est plus répandu.

Pour préparer un *bokashi*, comme pour un compost, on conseille de varier le plus possible les sources de matière organique, avec des teneurs en carbone et azote diversifiées, afin de garantir la diversité microbienne. Un *bokashi* classique peut se préparer avec :

- de la **balle de riz** qui va faciliter l'aération, l'infiltration et le développement des racines, augmenter l'activité biologique et constituer une source constante de carbone de par sa dégradation lente. Source de silice, la balle de riz aide aussi à prévenir l'attaque de certains ravageurs et maladies (Arias, 2001).
- du **fumier de poule**⁹, principale source d'azote.
- de la **terre de sous-bois**, de la **levure** et du **bokashi** déjà prêt, qui vont apporter les microorganismes et permettre la fermentation.
- De la chaux pour limiter l'acidité des matériaux en fermentation.
- Du **son** et de la **mélasse**, sources d'énergie nécessaires au démarrage de la fermentation.

On conseille également d'ajouter du **charbon**, du bois, de la zéolithe ou de la sciure, qui serviront d'habitat pour les microorganismes.

Le *bokashi* a été développé, décliné, amélioré, adapté, dans de nombreux pays (Kyan et al., 1999, Vélex, 2002), principalement en Asie et en Amérique Latine, et se décline aujourd'hui en de nombreux modes de préparation. Il peut notamment être préparé à partir de la fermentation de matières organiques avec des EM. Il est alors beaucoup plus rapide à préparer et peut être utilisé dès 3 à 14 jours de fermentation.

⁹ Les poules ne doivent pas avoir reçu d'antibiotiques, car ceux-ci inhiberaient fortement l'activité microbienne (Restrepo, 2001).

Voici trois exemples de *bokashis* à base d'EM (APNAN, 1996) :

Bokashi typique au Japon :

- 100 litres de son de riz
- 25 litres de résidus de céréales
- 25 litres de farine de poisson
- 150 cm³ d'EM activés
- 150 cm³ de mélasse
- 15 litres d'eau

Bokashi de fumier :

- 80 litres de fumier
- 40 litres de son de riz
- 40 litres de balle de riz
- 150 cm³ d'EM activés
- 150 cm³ de mélasse
- 15 litres d'eau

Bokashi typique en Thaïlande :

- 100 litres de son de riz
- 25 litres de pailles de riz
- 25 litres de fientes de poules
- 150 cm³ d'EM activés
- 150 cm³ de mélasse
- 15 litres d'eau

La quantité d'eau nécessaire peut varier selon les matériaux... à adapter selon la preuve du poing.

Pour préparer un *bokashi*, suivre les étapes suivantes :

- Bien mélanger les éléments solides.
- Diluer la mélasse dans de l'eau (tiède si nécessaire).
- Ajouter les EM à la solution obtenue.
- Mélanger les phases solides et liquides, en vérifiant le taux d'humidité (30 à 40%, preuve du poing).

Pour un *bokashi*-EM anaérobie :

- Placer le mélange dans un sac qui puisse empêcher tout mouvement d'air (en papier ou en polyéthylène), et placer ce sac à son tour dans un sac en polyéthylène noir. Fermer de façon bien hermétique pour empêcher toute entrée d'air et maintenir en condition anaérobie.
- Stocker à l'abri de la lumière.

Pour un *bokashi* aérobie :

- Placer le mélange sur un sol ferme (de préférence cimenté) et le couvrir avec des sacs à patates, un treillis de paille ou autre matériau similaire. Éviter l'exposition à la pluie.
- En condition aérobie, le *bokashi* produit avec des EM fermente rapidement. La température augmente en quelques heures et le *bokashi* nécessite une attention constante et permanente. En conditions idéales, la température devra être maintenue entre 35 et 45°C. Il faudra pour cela la vérifier régulièrement avec un thermomètre et, si elle atteint les 50°C¹⁰, retourner le tas pour bien l'aérer. Si la température ne baisse pas suffisamment, faire des tas plus petits.

Le temps de fermentation pourra être (APNAN, 1996) :

- en zone de climat tempéré, 3 à 4 jours ou plus en été, 7 à 8 jours ou plus en hiver (placer le sac dans un endroit chauffé pour accélérer la fermentation),
- en zone de climat chaud : 3 à 4 jours ou plus.

Le *bokashi* est prêt lorsqu'il présente une odeur de fermentation douceâtre. Si l'odeur s'apparente plus au rance ou au pourri, le processus ne s'est pas bien déroulé, on pourra recycler les matériaux en (re)faisant du *bokashi* aérobie et en y réintroduisant des EM.

Une fois prêt, le *bokashi* doit être utilisé rapidement. Néanmoins en cas de besoin, on peut tenter de le répandre sur un sol cimenté pour le sécher le mieux possible et le mettre ensuite dans des sacs plastiques, à tenir éloigné des souris et autres rongeurs.

En général, pour le maraîchage, on conseille d'appliquer de 100 à 200 grammes de ***bokashi*** par m² de sol. Pour un sol très pauvre, on peut aller jusqu'à 1 Kg/m².

¹⁰ L'efficacité d'un *bokashi* aérobie fermenté à plus de 50°C sera divisée par deux ou plus, du fait de la perte d'énergie sous forme de chaleur, de la volatilisation de l'azote et de la production d'acide butyrique et autres substances dues à la putréfaction.

Il existe également de multiples recettes de *bokashi* qui, au lieu d'utiliser des EM activés préparés au préalable, cherchent à produire des EM lors du processus de fermentation. On peut alors trouver parmi les ingrédients divers éléments utilisés pour la fabrication d'EM (litière, yaourt, levure, etc...).

Un exemple de recette de *bokashi* diffusée à Cuba (Roque, 2001) :

- 100 Kg de terre quelconque
- 100 Kg de balle de riz ou de café ou de pailles sèches
- 100 Kg de fientes de poules ou de fumier quelconque
- 50 Kg de charbon concassé (diamètre inférieur à 3 cm)
- 5 Kg de semoule de riz ou de blé
- 5 Kg de chaux agricole
- 5 Kg de terre noire de forêt ou de *bokashi*
- 1 litre de mélasse
- 100 g de levure boulangère
- Eau

Et un autre provenant du Costa Rica (Ministère de l'agriculture et de l'élevage du Costa Rica, 2010) :

- 10 sacs de balle de riz
- 10 sacs de fientes de poules
- 10 sacs de terre quelconque
- 10 sacs de fumier bovin
- 10 sacs de fumier porcin
- 10 sacs de pulpe de café
- 23 Kg de son de riz
- 1/2 sac de charbon végétal
- 2 litres de mélasse
- 250 g de levure boulangère
- 23 Kg de chaux agricole
- Eau

En Colombie dans la commune de Togui, Boyaca, une expérience communautaire a été menée visant à populariser l'usage des EM. Des EM solides ont été préparés à partir de son de blé fermenté avec des EM activés, puis distribués aux familles, avec des consignes pour préparer du *bokashi* à partir de déchets de cuisine et d'EM. En plus de l'usage domestique (maison, jardin...), la commune recueillait chaque semaine le lixiviat de *bokashi* pour alimenter le centre municipal de compostage.

c) *Autres pratiques*

La lombriculture est très largement répandue chez les petits paysans cubains. Certains répandent des EM sur l'humus de lombric en préparation afin d'améliorer ses caractéristiques comme fertilisant organique et biostimulant de la vie des sols. D'autres mélangent les EM activés avec du lixiviat d'humus de lombric pour obtenir une solution très efficace comme fertilisant et pour le contrôle des ravageurs et maladies.

De même le biogaz est de plus en plus répandu à Cuba et les paysans introduisent des EM dans leurs biodigesteurs pour accélérer le processus de fermentation et améliorer les caractéristiques des effluents pour l'agriculture... (Voir chapitre III.B.4).



Lombriculture dans une pépinière à Cuba

2. Les EM et les sols agricoles

Diverses études ont démontrées l'impact des EM sur les propriétés physiques (Tokeshi, 1993) et chimiques (Paschoal et al., 1993) des sols (Hussein et al., 2000a). Les EM améliorent la structure et l'aggrégation des particules du sol, ils réduisent sa compaction, augmentent sa porosité et améliorent l'infiltration et la rétention d'eau (Condor et al., 2007). Les besoins en irrigation diminuent ainsi, le sol absorbant mieux les eaux de pluie, évitant l'érosion et le lessivage des particules. Ils améliorent la disponibilité en nutriments du sol, en les solubilisant et facilitent ainsi leur absorption par le système racinaire. Ils favorisent la pénétration des racines dans le sol (In Ho & Ji Hwan, 2001). Ils permettent une meilleure minéralisation du carbone (Daly & Stewart, 1999). Aussi, Ils facilitent le travail du sol et limitent le besoin en labour, même superficiel.

Les EM ont été caractérisés en Hongrie (Murányi, 2002), pour déterminer leur composition microbiologique. En plus de démontrer la non-toxicité des EM, cette étude souligne les effets bénéfiques sur les sols : augmentation de l'activité de la déshydrogénase, de la décomposition de la cellulose, de la respiration du sol...

Les EM suppriment ou contrôlent les populations de microorganismes pathogènes du sol, par phénomène de concurrence (Higa, 1993). Ils augmentent la biodiversité microbienne, générant ainsi les conditions pour que les microorganismes natifs présents dans le sol se développent.

Lors de la **préparation des sols**, on peut asperger de 5 à 100 litres d'EM activés par hectare (par exemple pour 25 litres d'EM activés : 500 litres de solution à 5% pour 1 hectare), afin d'ensemencer le sol en microorganismes et d'accélérer la décomposition des résidus de récoltes présents sur le sol, au moins 15 à 20 jours avant le semis.

Au Pakistan (Ghulam Jilani, 1997) et en Chine, les EM sont utilisés pour la récupération de terres salinisées, de par leur effet antioxydant qui permet de neutraliser la charge des cations et de les utiliser comme nutriments. Par ailleurs, dans le cas de sols saturés en pesticides, l'application, massive et répétée, d'EM va permettre d'accélérer la décomposition des toxines présentes dans le sol (Higa, 1994b)¹¹.

On recommande de fournir aux EM un habitat dans le sol, comme du charbon ou de la zéolithe, pour que les organismes puissent se protéger des conditions extérieures défavorables (températures extrêmes, sécheresse...).

3. Les EM et les plantes

a) *Pour les semis*

Les EM accélèrent la germination des semences et améliorent le taux de germination, par leur action hormonale similaire à celle de l'acide gibbérellique (Weerasekera, 1999, Siqueira, 2000¹²). Ils augmentent la vigueur et la croissance des tiges et racines, depuis la germination jusqu'à l'émergence des plantules, par l'effet des bactéries de la rhizosphère promotrices de la croissance végétale. Ils améliorent les chances de survie des plantules.



Aspersion d'EM activés sur le substrat de futurs semis (BID, 2009)

Pour faciliter la **germination** et l'**enracinement**, on peut soit appliquer les EM sur le substrat du semis, soit inoculer directement les semences avec des EM. Pour cela tremper les semences dans une solution d'EM activé diluée à 2% pendant 15 minutes (boutures, rhizomes...), 30 minutes (graines tendres de tomate, carotte, radis...) ou 1 à 2 heures (grains durs de maïs, haricots...). Lors du **repiquage** de jeunes plants, on peut également tremper les racines dans une solution d'EM activés à 2%. L'inoculation peut également se faire avec du *bokashi* détrempé.

¹¹ Il s'agit là de mesures d'assainissement des sols, dispendieuses, progressives et lentes, en vue d'une conversion agroécologique, qui ne sauraient en aucun cas justifier l'usage de produits chimiques.

¹² Siqueira (2000) a évalué, pour les cultures de concombre, carotte, betterave, tomate, poivron, maïs et haricots, les effets des EM comparés à ceux du Vairo (biofertilisant) et d'eau comme témoin. Dans tous les cas on observe une meilleure germination de façon significative pour les graines semées avec des EM. Seul le haricot n'a pas montré de différence, mais le taux de germination de cette culture était élevé dans tous les cas.

b) Pour la croissance des plantes

De plus ils favorisent la croissance, la qualité et la productivité des cultures. De par leur action hormonale (notamment sur les zones méristématiques), ils promeuvent la floraison, la fructification et la maturation des fruits. Ils améliorent la capacité photosynthétique en favorisant la croissance foliaire et en améliorant les apports en nutriments des plantes (Xu et al, 2001). Ils favorisent également l'activité protéique (Konoplya et Higa, 2001) et la résistance au stress hydrique (Xu, 2000).



Application foliaire d'EM activés dans un organoponique (agriculture urbaine) à Cuba

Les EM ont permis, de par le monde, d'augmenter les rendements (Prinsloo, 2004,) de cultures variées comme le riz, le maïs, les haricots, les cultures maraîchères (Arakawa, 1998⁶, Prinsloo et al., 2002, en Nouvelle Zélande : Daly & Stewart, 1999, au Sri Lanka : Sangakkara & Higa 2000), fruitières (papaye, au Brésil : Chagas et al, 2001; pommes au Japon: Fujita, 2000), les pâturages (au Pays Bas : Bruggenwert, 2001 et en Autriche: Hader, 2001), les tubercules, la canne à sucre (Wididana, 1991), l'arachide (Arakawa, 1998)¹³ etc...

L'université de Sancti Spiritus à Cuba a observé comment les EM augmentaient les rendements des haricots, de l'oignon et de la tomate, par application foliaire. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec une dose de 60 cm³ d'EM activés par litre d'eau et une fréquence d'application hebdomadaire. Pour la carotte, le concombre et la laitue, en organoponiques, les meilleurs résultats ont été obtenus avec 100 cm³ d'EM activés par litre d'eau (Olivera et al., 2014a).

Pour l'utilisation d'EM en **pulvérisation foliaire** (aux heures fraîches) **et/ou au sol**, on peut suivre les indications suivantes :

	Volume d'EM activé pur (L/ha)	Dilution	Fréquence
Maraîchage	20	2 à 10%	4 à 15 jours
Grandes cultures	20	1 à 5%	15 à 60 jours
Fruitiers	30	2 à 10%	30 à 60 jours

En cas de sols particulièrement dégradés ou de développement inhabituel de maladies et ravageurs, on peut augmenter les doses¹⁴.

Les EM peuvent également être appliqués à travers le système d'irrigation, s'il existe un bassin de rétention d'eau en amont où mélanger les EM à l'eau d'irrigation. Dans le cas de système d'irrigation au goutte-à-goutte, la solution d'EM, légèrement acide, va aider à éviter que les goutteurs se bouchent.

¹³ Au Japon, à Okinawa, Ishigaki, cité par Arakawa (1998), démontre l'effet bénéfique des EM sur le rendement de cultures d'arachide et de carotte. Une partie des résultats de l'étude sont reportés dans le tableau suivant :

Culture	Agriculture Naturelle Conventionnelle	Agriculture Conventionnelle	Agriculture Naturelle avec l'usage d'EM
Arachide	500 kg/ha	2.000 kg/ha	3.500 kg/ha
Carotte	10.000 kg/ha	25.000 kg/ha	28.000 kg/ha

Tableau 5 : Rendements comparés de 3 systèmes de culture pour les cultures d'arachide et de carotte

¹⁴ Certains agriculteurs appliquent alors des dilutions pouvant aller jusqu'à 1:10 (sigatoka noire) ou même 1:2 (bactéries pathogènes du cacao) contre des virus ou bactéries particulièrement virulents.

c) Pour la santé des plantes

Les EM permettent de limiter le développement et l'impact des ravageurs et maladie¹⁵. Ils apportent des composé bioactifs (antibiotiques, hormones...) qui renforcent la résistance des plantes. Aussi, en consommant les exsudats des racines, feuilles, fleurs et fruits, ils évitent la propagation d'organismes pathogènes.

A Cuba, l'efficacité des EM a été démontrée pour contrôler le mildiou (*Phytophthora infestans*) sur des cultures de concombre et de courge, avec une diminution de 68% de feuilles contaminées, une amélioration des rendements de 40% en comparaison avec les traitements conventionnels et un bénéfice économique de 92% pour le paysan. García et al. (2009) ont également montré que les EM diminuent l'impact du mildiou poilu (*Peronospora parasitica*) sur la culture de concombre en organoponique et améliore les rendements de façon significative. De même Espejo (2009) a obtenu des résultats encourageants pour la laitue avec des rendements bien supérieurs avec les EM en conditions organoponiques.

Traitement	Rendement du concombre	Nombre de récoltes/saison	Présence de maladies et ravageurs
Contrôle (agriculture conventionnelle)	68 Kg/bande	2	92%
EM (<i>IHplus</i>)	119 Kg/bande	4	35%

Tableau 6 : Comparaison d'une culture de concombre en agriculture conventionnelle et avec EM (Blanco, 2012)

De bons résultats ont aussi été observés à Cuba avec la culture de la pomme de terre, laquelle, sujette à de nombreuses attaques de ravageurs et maladies, utilise habituellement de grandes quantités de produits chimiques dans les conditions de l'île... Une étude en milieu paysan a ainsi montré des rendements similaires entre les parcelles cultivées avec engrais organiques et EM et celles cultivées avec engrais et pesticides chimiques, avec un coût de production nettement inférieur (Blanco, 2012).

Les agriculteurs de Sancti Spiritus ont réussi à contrôler la mouche blanche (*Bemisia tabaci*) et *Rhizoctonia solani* avec l'application d'EM. Ces expérimentations paysannes ont ensuite été confirmées par des études en laboratoire et en serre menées à l'université (Oliveira et al., 2014).

Par ailleurs les EM améliorent la résistance des plantes au stress hydrique (Xu et al., 2000, Hussein et al., 2000b), et la résistance des cultures aux conditions climatiques adverses, incluant les typhons (Higa, 1993).

Signalons également qu'à Cuba et ailleurs (Xu, 2006) de nombreux paysans combinent les EM avec des plantes répulsives comme le neem, le piment, le gingko, le basilic, l'origan... et/ou du lixiviat d'humus de lombric (ou de l'humus de lombric dilué), de manière à multiplier les effets biostimulants et pour le contrôle des ravageurs...



Fertiren, produit artisanal à base d'EM et d'humus d lombric liquide commercialisé à La Havane par un paysan du mouvement d'agriculture urbaine cubain

Pour une utilisation dédiée spécifiquement au contrôle des maladies et ravageurs, on peut ajouter du vinaigre de fruits (10% du volume total) et de l'alcool à 40% (alcool éthylique ou whiskey, 10% du volume total) lors de l'activation des EM (technologie EM-5, APNAN, 1996).

¹⁵ Notamment *Fusarium fungi* (Higa, 1994a), *Sclerotinia sp.* (Kremer et al., 2001), *Phytophthora sp.* (Guest, 1999; Wang et al, 2000), *Diaphania nitidalis* (Wood et al., 1999), Sigatoka noire (*Mycosphaerella fijiensis*) (Tabora, 2001), *Erwinia carotovora sp* et autres nématodes (Villatoro, 1999¹⁵ et Kremer, 2001).

d) Traitement post-récolte

En particulier pour les fruits périssables, l'aspersion d'une solution d'EM activés diluée à 2% va permettre d'allonger le temps de conservation des récoltes, de par l'action antioxydante et antagoniste d'organismes pathogènes des EM (Daiss, 2008). On peut aussi nettoyer les caisses et autres récipients servant au transport et au stockage des fruits avec des EM (BID, 2009).



Pulvérisation d'EM sur des caisses destinées aux récoltes de fruits Uruguay (BID, 2009)

4. Témoignages de paysans cubains

a) Les EM de Fernando Donis

Fernando Donis (ferme « *Cayo Piedra* », Jovellanos, Province de Matanzas, Cuba), paysan converti aux EM depuis plus de 10 ans, considéré comme expert en la matière à Cuba, partage également avec nous son expérience.



Fernando Donis et sa ferme



Initialement, Fernando Donis a d'abord tenté de rendre plus

efficace le processus d'activation des EM en procédant en 2 étapes. Tout d'abord il place 5 Kg d'EM solides et 1 litre de lait dans un bidon de 50 litres, qu'il remplit ensuite de jus de canne. Au bout de 3 jours il utilise la solution obtenue pour obtenir 2500 litres d'EM activés, à partir de 240 litres de jus de canne et d'eau. Il obtient ainsi un produit final à l'odeur plus agréable et une efficacité accrue pour ces cultures.

Pour augmenter la gamme de microorganismes lors de l'activation des EM solides, il a récemment décidé de remplacer l'eau normalement utilisée par 45 litres d'humus de lombric liquide (humus macéré dans l'eau et filtré ou lixivié récupéré au fond du bassin de préparation de l'humus de lombric) et il finit de remplir son bidon de 200L avec les effluents de son biodigesteur (lequel lui-même a été inoculé avec des EM pour accélérer la fermentation). En cas de besoin il utilise également, lors de l'activation des EM, diverses feuilles de plantes comme le neem ou d'autres arbres aux propriétés répulsives (*Cedrela odorata*, *Cordia gerascanthus*...).

Il utilise les EM sur ses cultures de banane, chou, betterave, papaye, poivron, haricot, patate douce... Pour les cultures plus exigeantes comme la betterave ou la papaye, il pulvérise les EM chaque semaine, à raison de 40L/ha. Pour d'autres cultures moins gourmandes comme la patate douce ou la banane, il effectue une application tous les 15 jours. Il inocule également ses semences de haricot avec des EM (trempage des graines dans la solution d'EM activé puis séchage avant le semis).

C'est ainsi qu'il obtient, sans aucun autre traitement, des rendements de :

- Plus de 4 tonnes/ha de choux blancs, avec des choux atteignant 10 kilos contre les 2 à 3 kilos maximum qu'il obtient sans l'usage d'EM...
- Plus de 100 tonnes/ha de bananes plantain.
- Plus de 3,5 tonnes/ha de betteraves rouges (plantation en plein champ).
- Plus de 50 tonnes/ha de patates douces.

Qui plus est, Fernando Donis calcule ses coûts de production d'EM et obtient un coût de 0.184€/kg d'EM solide, 0.015€/L d'EM activés en utilisant de la mélasse et 0.002€/L d'EM activés en utilisant du jus de canne (les éléments autoproduits ne sont pas comptabilisés dans ces calculs). Dans sa ferme où l'on utilise 4000 litres d'EM activés par semaine, il obtient un coût annuel (avec utilisation de jus de canne et pré-activation de l'EM solide) de 471€ contre les 3142€¹⁶ qu'il dépensait en pesticides et engrais chimiques avant sa conversion... Si on ajoute à cela la hausse significative des rendements, l'impact économique des EM sur la ferme de Fernando Donis est sans appel.

b) Les EM d'Omar Gonzáles

Omar Gonzáles, paysan agroécologiste de Cárdenas, (province de Matanzas, Cuba), prépare ses EM selon une recette bien à lui qu'il partage volontiers lors d'ateliers d'échanges paysans ou de sessions de formation auquel il participe comme paysan-formateur, à Cuba et dans d'autres pays d'Amérique Latine.

Afin de réactiver les EM, il mélange dans un bidon de 20 litres :

- 1L d'EM activés
- 1L de mélasse
- 500 grammes d'EM solides (s'il en a sous la main, facultatif)
- 1,5 Kg de feuilles de *Moringa oleifera* moulue (les feuilles de moringa, riche en nutriments, acides aminés et molécules bioactives jouent le rôle de stimulant à la fois pour les EM et pour les cultures)
- Des feuilles de neem, d'origan, œillets d'Inde, orties, prêles (plantes répulsives et/ou plantes phytostimulantes, selon disponibilité et besoins)
- 100 grammes de *Trichoderma sp...* (champignon biostimulant et supprimeur de maladies fongiques et de nématodes du sol, très répandu à Cuba où il est produit de manière artisanale).



Omar Gonzáles présentant ses EM

Après avoir rempli le bidon d'eau de pluie, il le laisse reposer 7 jours avant d'utiliser la solution obtenue, filtrée, comme engrais foliaire, pulvérisé chaque semaine sur ses différentes cultures (légumes, grains, fruitiers, plantes ornementales...).

Malgré le nombre toujours plus important d'études scientifiques et d'expérimentations paysannes qui démontrent les bénéfices qu'apportent les EM à l'agriculture, certains continuent de critiquer les EM en soulignant le manque de fondement scientifique profond et les connaissances insuffisantes sur leur composition exacte. L'apparition sur le marché d'un grand nombre de produits basés sur la technologie des EM, dont la composition et la provenance ne sont pas toujours explicites, contribue à alimenter un climat de méfiance sur le sujet (Condo et al., 2007).

¹⁶ Les coûts annoncés sont propres au système économique cubain et ne sont pas transposables à d'autres réalités.

B. Pour l'élevage

1. Pour l'alimentation animale

Tout comme pour les autres cultures, les EM activés peuvent être utilisés sur les pâturages pour améliorer la production. Mais les EM sont aussi utilisés comme probiotiques en complément de l'alimentation animale (incorporés dans l'eau de boisson ou dans l'aliment). Ils favorisent la digestion, l'absorption de nutriments et accélèrent la croissance des monogastriques (Contino et al., 2008, Blanco, 2007, Blanco et al., 2009b, Blanco & Ojeda, 2009, Chantsawang & Watcharangul, 1999, Salgado, 2007a et b) comme des ruminants (Holzapfel, 2001)¹⁷. Ils limitent également la production de gaz nocifs dans l'intestin.

En particulier, les levures et les lactobacilles constituent d'importants probiotiques pour l'alimentation animale. Ils jouent un rôle dans le contrôle du pH du rumen et sont considérés comme une source naturelle de vitamines et acides organiques pour la population microbienne du rumen.

Les EM peuvent être appliqués dans l'eau de boisson (à une concentration de 1:1000 à 1:5000), mélangés à la ration journalière, ou servir à la fabrication de *bokashi* anaérobie (à partir de fourrages, céréales et/ou concentrés), lequel sera distribué aux animaux comme aliment probiotique.

La digestion des porcs est principalement enzymatique et seulement une partie de l'appareil digestif permet la fermentation microbienne : le caecum. L'usage des EM comme probiotiques permet d'améliorer l'action digestive du caecum. Une étude cubaine (Montejo et al., 2014) a montré des gains de poids avec l'introduction d'EM activés dans les rations de 20 kg avant l'engraissement et jusqu'à 23% chez l'animal adulte.



Elevage avicole diversifié utilisant des EM comme probiotique, région de Matanzas, Cuba (Source : EEPFIH)

Catégorie	Dose/animal/jour
Porcelets (première semaine)	5 ml
Porcelets après la première semaine de traitement	2.5 ml
Engraissement	5 ml
Truies allaitantes	8 ml
Veau/génisse	150ml
Vache ou taureau	200 à 300 ml

Tableau 7 : Doses d'EM activés recommandées comme probiotiques pour les porcs et les bovins (Blanco & Ojeda, 2009)

Les porcelets doivent recevoir dans un premier temps une dose plus importante afin d'activer la microflore digestive. L'apport sous forme d'EM activé peut être maintenu tout au long de la vie de l'animal pour assurer le renouvellement de la flore bactérienne dans l'intestin des porcs. L'apport pourra se faire dans l'eau de boisson ou en réalisant une fermentation préalable des concentrés.

Les EM permettent également de limiter la production de méthane par les bovins, contribuant ainsi à limiter les émissions de gaz à effet de serre (Xu, 2006).

Catégorie	Dose (% du poids de l'aliment sec)
Poussins (jusqu'à 2 semaines)	6%
Engraissement (plus de 2 semaines)	4%
Renouvellement	4%
Pondeuse	3%

Tableau 8 : Doses d'EM activés recommandées comme probiotiques pour les volailles (Blanco & Ojeda, 2009)

Les EM permettent également de limiter les apports en calcium des poules pondeuses.

¹⁷ Les EM peuvent également être utilisés en aquaculture pour l'alimentation des poissons et crustacés... en Thaïlande les EM sont utilisés comme complément alimentaire dans les élevages de crevettes.

2. Pour la santé animale

Les EM sont également utilisés pour le traitement de problèmes digestifs des animaux d'élevage. Ils limitent les diarrhées et la mortalité des porcelets et des jeunes bovins (Contino et al., 2008, Blanco & Ojeda, 2009, Valdés et al., 2014). Ils développent un phénomène d'exclusion compétitive avec des organismes pathogènes comme *Escherichia coli* ou *Salmonella sp.*, évitant ainsi l'usage d'antibiotiques ou d'autres médicaments. De plus, les EM dans l'alimentation animale apportent certains composés organiques qui pourraient jouer un rôle immunostimulant. Les EM permettent aussi de désinfecter et d'accélérer la cicatrisation de petites plaies.

Selon Omar Gonzales (paysan de la localité de Cardenas, Matanzas, Cuba) l'application externe d'EM permet de contrôler efficacement les tiques et la galle chez les bovins et porcins.

L'application d'EM activés dans l'eau de boisson ou dans la ration de complément permet également de contrôler le météorisme intestinal bovin, maladie causée par l'ingestion d'un excès de certains fourrages légumineux, qui provoque des gonflements et peut entraîner la mort de l'animal (BID, 2009).

Des études réalisées en Uruguay par la direction des laboratoires vétérinaires (M. C. Rubino, DILAVE - MGAP) et l'institut de recherches biologiques (C. Estable) démontrent que les EM sont efficaces pour le contrôle de la loque américaine (*Paenibacillus larvae*). Le traitement consiste à pulvériser les cadres des ruches avec une solution d'EM activés à 5%, et permet de limiter de manière significative la sporulation de cet agent pathogène, tout en étant complètement inoffensif pour les abeilles (BID, 2009).

3. Dans les installations d'élevage

Les EM s'utilisent beaucoup pour contrôler les odeurs dans les **bâtiments d'élevage** (porcs, volailles...) et ainsi limiter les désagréments pour le voisinage tout en améliorant les conditions sanitaires des animaux. Ils sont alors vaporisés au sol ou incorporés à l'eau de lavage. On recommande en général de pulvériser une solution diluée de 1,5 à 5%, à raison de 50 à 500mL/m² (BID, 2009, Kyan et al., 2009, Blanco & Ojeda, 2009). La réduction des odeurs est très rapide, elle commence à se sentir au bout d'une demi-heure. On l'utilise aussi pour désinfecter les laiteries.



Lagune d'oxydation
traitée aux EM, Cuba

Le nettoyage des bâtiments d'élevage avec des EM permet de réduire considérablement les quantités d'eau utilisées... de plus, il permet l'inoculation des fumiers en EM, permettant ainsi un compostage plus rapide et l'obtention d'un engrais de meilleure qualité.

Afin de limiter les mauvaises odeurs et le développement d'organismes nocifs, et pour accélérer le processus de traitement des boues résiduelles des **lagunes d'oxydation**, on peut y appliquer les EM de façon trimestrielle, à raison d'1 litre d'EM activés par m³ de lagune.



Porcherie paysanne nettoyée avec des
EM, Las Tunas, Cuba

4. Pour le biogaz

Finalement, l'introduction d'EM dans les biodigesteurs permet d'augmenter et d'accélérer la production de biogaz, tout en obtenant des effluents plus efficaces comme engrais organiques. Les EM accélèrent le processus de fermentation, ce qui permet de traiter les résidus dans des biodigesteurs plus petits, limitant ainsi le coût de ces installations. Aussi, on observe une diminution des concentrations de sulfure d'hydrogène (H₂S) allant jusqu'à moins 30% (Blanco et al., 2011).



Biodigester chez un paysan de Sancti Spiritus, Cuba



Traitement	Début de la fermentation	Production de gaz (mL/jour)	Jours de fermentation
Témoin	24 h	120	8
Traitement 1 (5g EM / 500g d'excrément)	8 h	126	6
Traitement 2 (10g EM / 500g d'excrément)	4 h	146	5

Tableau 9 : Résultats d'une étude sur l'impact des EM sur le fonctionnement d'un biodigester à EEPFIH (Blanco et al., 2011)

C. Autres usages

1. Pour la dépollution

Les propriétés des EM ont permis de dépolluer de nombreux étangs, lagunes, lacs, rivières, bords de mer... contaminés par l'industrie et/ou l'agriculture conventionnelle de par le monde.



Déversement d'EM activés dans le lac Josone Varadero, Cuba (Source : EEPFIH)

Les eaux contaminées montrent des niveaux élevés de DBO et DCO¹⁸, un pH anormal, la présence d'agents pathogènes comme *Escherichia coli* ou *Pseudomonas*... L'application d'EM réduit significativement la pollution des eaux¹⁹, avec d'excellents résultats sur le contrôle des odeurs, la turbidité de l'eau, la stabilisation du pH, l'élévation de la concentration en oxygène dissous, la réduction des boues et sédiments et la pureté et salubrité de l'eau.

Au Japon, les EM sont utilisés massivement pour purifier l'eau de mer et récupérer le potentiel de pêche. Ils ont été utilisés dans plus de 600 villes et villages côtiers. L'association de pêcheurs de la baie d'Osaka a contribué à la dépollution des rivières avec la libération de boules d'EM solides (qui présentent l'avantage de se désagréger lentement, permettant une action progressive, Xu, 2006) pour décomposer les boues sédimentées. En 5 mois, le sable a remplacé la boue et les mollusques sont réapparus. Les EM ont aussi permis de dépolluer la baie de Higo, où la perliculture avait provoqué un désastre écologique (pollution par l'aliment et les excréments des huîtres perlières).

¹⁸ La DBO (demande biologique en oxygène) et la DCO (demande chimique en oxygène) sont couramment utilisés pour déterminer le niveau de contamination de l'eau.

¹⁹ En Chine le traitement des rivières polluées a permis de réduire la DBO de 90%.

En Colombie les EM ont été utilisés pour dépolluer le Rio Tunjuelito, dans la banlieue de Bogota, où l'accumulation de déchets et de matières organiques en putréfaction provoquait mauvaises odeurs et problèmes épidémiologiques (problèmes de peau, respiratoires, digestifs...). Les EM ont été déversés au goutte à goutte, et des briques d'EM activés ont été répartis dans la rivière. Aux dires des habitants, l'eau a rapidement changé de couleur et les odeurs ont disparues au bout de 4 semaines.

Des résultats similaires ont également été obtenus à Cuba, notamment pour le lac Josone de la région touristique de Varadero (Blanco et al., 2009a, 2011).

Les EM sont aussi utilisés pour le traitement des égouts, des décharges et des stations d'épuration.

Le ministère de l'agriculture et de l'environnement égyptien a développé un programme de traitement des eaux résiduelles avec des EM pour l'irrigation. Au Kenya le ministère de la santé prévoit l'utilisation d'EM pour l'assainissement des quartiers périphériques de Nairobi.

Finalement, notons qu'en Biélorussie des recherches ont montré l'intérêt des EM pour dépolluer les zones affectées par l'accident de tchernobyl, en transférant les éléments radioactifs du sol vers les plantes (Konoply & Higa, 2001).

2. Pour la maison

Les EM peuvent aussi avoir un usage domestique, pour le nettoyage des sols, la désinfection, pour accélérer la décomposition des boues dans les fosses septiques, etc... Ils sont très utiles notamment dans les toilettes sèches, où ils limitent les odeurs et accélèrent la décomposition des excréments.

Au Japon l'usage des EM pour nettoyer les maisons est très répandu. Dilués à 1% et mélangés à l'eau de lavage du riz, les EM activés permettraient de nettoyer facilement tout type de surface (bois, métal, verre, céramique, moquette...). Ils sont aussi utilisés pour faire la vaisselle (dilués à 2 % ils seraient très efficaces pour dégraisser), et la lessive... Pulvérisés dans la poubelle, ou dans les endroits humides où les moisissures se développent facilement, ils permettent également de contrôler les odeurs et d'assainir l'air de la maison. De plus, l'eau utilisée pour nettoyer la maison peut ensuite être utilisée pour arroser les plantes.

3. Pour l'eau potable

Les EM sont utilisés pour le prétraitement des eaux potables. Des filtres lents à base de charbon activé aux EM permettent la purification de l'eau et l'élimination de microorganismes pathogènes.

Avec l'utilisation de filtres en biocéramiques produits avec des EM, on obtient une réduction importante du contenu en sels dissous dans l'eau, contribuant ainsi à sa potabilité. De bons résultats ont notamment été obtenus pour des eaux trop calcaires.



Fabrication de filtres céramiques avec des EM, Cuba (Blanco, 2012)

4. Pour la santé humaine

Aujourd'hui de nombreuses recherches tentent de développer l'usage des EM dans le domaine de la santé humaine, notamment pour leurs propriétés antioxydantes.

Entre autres études, on peut citer celle menée en Biélorussie sur les victimes de la catastrophe de Tchernobyl. En raison d'un taux d'oxydation élevé, les victimes développent dans leurs liquides corporels une grande quantité de radicaux libres. L'action antioxydante permettrait de limiter les effets de l'irradiation et de réduire la charge de césium et de strontium radioactifs dans les corps des personnes affectées (Konopliya, 2004).

Beaucoup d'études ont été publiées sur les suppléments EM-X de son de riz, un produit de consommation humaine. Chui, et. al. (2006), étudièrent le potentiel apoptotique des micro-

organismes pour lutter contre le cancer. Datla et al. (2004) et Ke (2009) examinent le pouvoir antioxydant des micro-organismes, notamment contre la maladie de Parkinson et l'ostéoporose.

Aussi, certains paysans cubains qui administrent des EM pour soigner leurs animaux, affirment en les utiliser également pour eux, notamment en gargarisme contre les affections respiratoires ou en ingérant des EM activés pour résoudre des problèmes gastriques (gastroentérites, parasites...). Malheureusement trop peu d'études dans le domaine ne permettent pas aujourd'hui d'affirmer les bienfaits médicaux des EM.

5. Pour la construction

L'université de Las Villas à Cuba utilise les EM pour plastifier le ciment sans recourir aux produits chimiques utilisés habituellement, coûteux et polluants. Les chercheurs ont démontré les propriétés des EM pour réduire la formation de microtubules, augmenter la solubilité dans l'eau en évitant la formation de grumeaux. Les propriétés antioxydantes des EM permettent également d'allonger la vie des bâtiments en limitant la rouille des composants métalliques (Martinera, 2013, Blanco et al., 2009c).



Conclusions

Les propriétés des EM se révèlent essentielles face aux grands défis actuels de l'humanité: **la souveraineté alimentaire** et **l'accès à l'eau**. En effet, en plus de contribuer à augmenter les rendements des cultures de manière durable, en limitant le recours aux intrants importés, ils permettent de faire des économies d'eau en augmentant la capacité de rétention des sols, en limitant le stress hydrique des plantes et en limitant les besoins en eau de lavage pour l'élevage ou pour l'usage domestique, et ils contribuent à la dépollution des eaux contaminées.

Si leur usage s'est répandu aujourd'hui sur tous les continents du globe, la France semble quelque peu en retard, à la fois en termes d'utilisation par les usagers (agriculteurs, éleveurs, collectivités, particuliers...) comme d'études scientifiques.

Aujourd'hui, grâce aux innovations paysannes obtenues en Amérique Latine, la technologie des EM est accessible au plus grand nombre, avec une technique de production relativement simple et peu coûteuse. Aux vues des résultats obtenus au Canada par la coopération scientifique cubaine, la technologie de production artisanale des EM semble fonctionner en climat tempéré. Il semble intéressant de tester son efficacité en France afin de la valider dans nos conditions pédoclimatiques, puis de la diffuser le cas échéant pour son usage dans nos campagnes, nos maisons, nos lacs et nos rivières.

Bibliographie

1. **Amrhein A., Higa T.**, 2002 : Discours prononcé dans le "Premier Congrès EM", Suisse.
2. **APNAN** (réseau d'agriculture naturelle Asie/Pacifique), 1996 : Manuel d'application des EM pour les pays de l'APNAN.
3. **APROLAB**, 2007 : Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces. Programme PASE Pérou.
4. **Arakawa, Y.**, 1998 : Kyusei nature farming in Japan. p.8. Atami, Japon.
5. **Arias, A.**, 2001 : Suelos tropicales. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.
6. **BID** (Banco Interamericano de Desarrollo), 2009 : Manual Práctico de uso de EM. Banco Interamericano de Desarrollo - Convenio Fondo Especial de Japón/BID ATN/JO-10792. Uruguay.
7. **Blanco, D., Juvier, Y., Ojeda, F., Fonte, L., Soca, M., Martín, G., Ramírez, I.**, 2007 : Evaluación de pre-cebas porcinas suplementadas con un bio-preparados de EM MicroBen-IH. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas, Cuba.
8. **Blanco, D., Ojeda, F.**, 2009 : Principios para la preparación de los microorganismos benéficos y sus potencialidades para la producción animal. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFH), Matanzas, Cuba.
9. **Blanco, D., Martín, G. J., García, Y., Ojeda, F., Ramírez, I.**, 2009a : Los microorganismos benéficos. Su protagonismo en la salud de los ecosistemas. Memorias de la convención Agrodesarrollo 2009, Varadero, Cuba.
10. **Blanco, D., Fonte, L. Ojeda, F.; Martín, G. J., Ramírez, I.**, 2009b : Efecto de la inclusión de IHplus en los indicadores productivos de las pre-cebas porcinas de la unidad Laberinto, en el municipio de Colón. Memorias del Evento Cit@tenas 2009, Matanzas, Cuba.
11. **Blanco, D., Granja, V., Martinera, F., Martín, G., González, C. A., Rhiner, K.**, 2009c : Efecto de la adición de microorganismos benéficos (IHplus) en la fluidez de pastas del cemento Portland (Canal y Holcim). Memoria de la II Conferencia Internacional de Eco-materiales, Granma, Cuba.
12. **Blanco, D., García, Y.**, 2010 : Manual de producción de microorganismos benéficos (IHplus). EEIPFH, Matanzas, Cuba.
13. **Blanco, D.; García, Y.; Martín, G.; Cepero, L.; Medina, R.; Díaz, M., Fonte, L., Ramírez, I.**, 2011 : Los microorganismos benéficos. Una herramienta en el camino hacia la sostenibilidad de los sistemas productivos. Estación Experimental "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba.
14. **Blanco, D.**, 2012 : IHplus, bioproducto cubano de amplio espectro, una herramienta en los sistemas productivos. EEPFH, Matanzas, Cuba.
15. **Blanco, D., García, Y.**, 2012 : Principios para la preparación de los microorganismos benéficos. EEIPFH, Matanzas, Cuba.
16. **Bonfim, L. P. G., et al.**, 2011 : Caderno dos Microorganismos eficientes (EM): instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM. Viçosa, MG. Universidad Federal do Viçosa, Brésil.
17. **Bruggenwert, M. G. M.**, 2001 : EM research in the Netherlands. In proceedings of the 6th International Conference on Kyusei Nature Farming, 1999, Afrique du Sud.
18. **Chagas, P R R, Tokeshi, H, Alves, M. C.**, 2001 : Effect of calcium on yield of papaya fruits on conventional and organic (Bokashi EM) systems. In proceedings of the 6th International Conference on Kyusei Nature Farming, 1999, Afrique du Sud.
19. **Chantsawang, S., Watcharagul, P.**, 1999 : Influence of EM on quality of poultry production. In proceedings of the 5th International Conference on Kyusei Nature Farming, 1998, Thaïlande.
20. **Chui, D., Hau, K., Lau, F. Y., Cheng, G. Y., Wong, R. S., Gambari, R., Kok, S. H., Lai, K. B., Teo, I. T., Leung, T. W., Higa, T., Ke, B., Tang, J. C., Fong, D. W. et Chan, A. S.**, 2006 : Apoptotic

potential of the concentrated effective microorganism fermentation extract on human cancer cells. International journal of molecular medicine, vol. 17, no 2, p. 279–84.

21. **Cóndor et al.**, 2007 : Microorganismos eficaces: ¿mito o realidad? In 3rd International Conference on Kyusei, Nature Farming. Proceedings of a conference on nature farming for a sustainable sgriculture held in Santa Barbara, California, USA.
22. **Contino, Y., Ojeda, F., Herrera, R., Altunaga, N., Pérez, G. M., Hernández, K.**, 2008 : Evaluación del Microben (microorganismos benéficos) como aditivo, su influencia en el comportamiento productivo y hematológico en precebas porcinas. Congreso Panamericano de las Ciencias Veterinarias, PANVE, Guadalajara, Mexique.
23. **Daly, M. J., Stewart, D. P. C.**, 1999 : Influence of Effective Microorganisms (EM) on vegetable production and carbon mineralization – A preliminary investigation. Journal of Sustainable Agriculture 14: 15 – 25. Nouvelle Zélande.
24. **Daiss, M., Lobo, G., González, M.**, 2008 : Changes in postharvest quality of Swiss chard grown using 3 organic preharvest treatments. Journal of food science, vol. 73, no 6. Suisse.
25. **Datla, R., Bennett, D., Zbarsky, V., Ke, B., Liang, Y. F., Higa, T., Bahorun, T., Aruoma, O. I., Dexter, D. T.**, 2004 : The antioxidant drink effective microorganism-X (EM-X) pre-treatment attenuates the loss of nigrostriatal dopaminergic neurons in 6-hydroxydopamine-lesion rat model of Parkinson's disease. Journal of Pharmacy and Pharmacology, vol. 56, no 5, p. 649–54.
26. **Haro L., M.**, 2013 : Aplicación de biol enriquecido con microorganismos eficientes para la producción limpia de brócoli (*Brassica oleracea* var. Italica). Trabajo de investigación previa a la obtención del grado académico de magister en agroecología y ambiente, Ambato – Equateur.
27. **Díaz, M.**, 2011 : Caracterización y control de calidad de microorganismos eficientes de diferentes procedencias. EEPFIH, Matanzas, Cuba.
28. **Espejo, F.**, 2009 : Evaluación de métodos de aplicación de los microorganismos eficientes (ME) en lechuga (*Lactuca sativa*, L.) en condiciones de organopónico. Trabajo de Diploma. Facultad de Agronomía. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Cuba.
29. **FAO**, 1991 : Manejo del suelo: producción y uso del compostaje en ambientes tropicales y subtropicales. Boletín N°56, FAO, Rome, Italie.
30. **Fondation Mokiti Okasa**, 1998 : Microorganismes efficaces (EM) et bokashi pour l'agriculture naturelle, Japon.
31. **Fujita, M.**, 2000 : Nature farming practices for apple production in Japan. En Nature farming and microbial applications.
32. **García, Y., Sánchez, S., Blanco, D.**, 2011 : El rol de los microorganismos eficaces (EM) para una agricultura sostenible. Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”, Matanzas, Cuba.
33. **Ghulam Jilani, T. H.**, 1997 : Developments for EM technology to replace chemical fertilizers in Pakistan. Faisalabad: Nature Farming Research Centre, dept. of soil science, University of Agriculture, Pakistan.
34. **Guest, D.**, 1999 : *Bokashi* (EM) as a biocontrol agent to suppress the growth of *Phytophthora cinnamomi*. In proceedings of the 5th International Conference on Kyusei Nature Farming, Thailand, 1998. Senanayake, Y D A and Sangakkara U R (Ed) APNAN: 216 – 218., Thaïlande.
35. **Hader U. S.**, 2001 : Influence of EM on the quality of grass/hay for milk production. In proceedings of the 6th International Conference on Kyusei Nature Farming, 1999. Senanayake, Y D A and Sangakkara U R. Afrique du Sud.
36. **Higa, T.**, 1991 : Microorganisms for agriculture and environmental preservation.
37. **Higa T.**, 1993 : Effective microorganisms: their role in Kyusei nature farming and sustainable agriculture. In proceedings of 3rd International conference of Kyusei Nature Farming. USDA, Washington D.C.,
38. **Higa, T.**, 1994a : An earth saving revolution II. Sunmark Publishing Inc, Japon.
39. **Higa, T.**, 1994b : Effective microorganisms: a new dimension for nature farming.

40. **Higa, T., Parr, J. F.**, 1994 : Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. International Nature Farming Research Center, Atami, Japon.
41. **Holzapfel, W.**, 2001 : Introduction to pre and probióticos. Food Research International.
42. **Hussein, T., Jilani, G. M., Anjum, S., Zia, M. H.**, 2000a : Effect of EM application on soil properties. In proceedings of the 13th International Scientific Conference of IFOAM. Alfoeldi, T., et al (Ed). FiBL, Basel, Suisse.
43. **Hussein, T., Anjum A. D., Tahir J.**, 2000b : Technology of beneficial microorganisms (BM-Technology). Nature Farming Environ 3: 1-4.
44. **In Ho, Ji Hwan, K.**, 2001 : The study on the plant growth hormones in EM - A Case study. In 7th International Conference on EM Technology and Nature Farming, October 2000, Pyongyang, Corée du Nord.
45. **Ke, B., Xu, Z., Ling, Y., Qiu, W., Xu, Y., Higa, T., Aruoma, O. I.**, 2009 : Modulation of experimental osteoporosis in rats by the antioxidant beverage effective microorganism-X (EM-X). Biomedicine & Pharmacotherapy, vol. 63, no 2, p. 114–9.
46. **Konoplya, E. F., Higa, T.**, 2001 : Mechanisms of EM 1. Effect on the growth and development of plankets and its application in agricultural production. In proceedings of the 6th International Conference on Kyusei Nature Farming, 1999. Senanayake, Y D A and Sangakkara U R. Afrique du Sud.
47. **Konoplya, E. F.**, 2004 : Prospects of utilizing effective microorganisms (EM-1 et EMX) in the liquidation of nuclear accident consequences. Institute of radiobiology of Nacional Academy of Sciences, Biélorussie.
48. **Kremer, R. J.; Ervin, E. H.; Wood, M. T., Abuchar, D.**, 1999 : Control of Sclerotinia homoeocarpa in turfgrass using Effective Microorganisms. 6th International Conference on Kyusei Nature Farming. Proceedings of the conference on greater productivity and a cleaner environment through Kyusei Nature Farming, 1999. Senanayake, Y D A and Sangakkara U R. Afrique du Sud.
49. **Kyan, T.; Shintani, M.; Kanda, S.; Sakurai, M.; Ohashi, H.; Fujisawa, A.**, 1999 : Kyusei Nature Farming and the Technology of Effective Microorganisms. (R. Sangakkara, Ed.) Bangkok, Thailand: Asia Pacific Natural Agriculture Network. p. 49.
50. **Martinera, F.**, 2013 : Primera producción de hormigón a escala industrial con aditivo plastificante producido con microorganismos eficientes. [<http://www.ecosur.org/index.php/edicion-41-abril-2014/693-primera-produccion-de-hormigon-a-escala-industrial-con-aditivo-plastificante-producido-con-microorganismos-eficientes>, consulté le 27 mars 2015], Cuba.
51. **Ministère de l'agriculture et de l'élevage du Costa Rica**, 2010 : Guía técnica para la difusión de Tecnologías de producción agropecuaria sostenible. 1^{ère} ed. San José, C R : MAG, 180 p.
52. **Montejo, I., García, S., Lay, M. T., Beretervide, P., García, D. y Lamela, L.**, 2014 : Utilización de los microorganismos nativos benéficos en la producción porcina. Estación de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba y Empresa Pecuaria Macún, Villa Clara, Cuba.
53. **Mendoza, A.**, 1997 : Evaluación de la calidad de abonos fermentados tipo Bokashi elaborados con desechos que se generan en fincas del trópico húmedo de Costa Rica. EARTH, Costa Rica.
54. **Murányi, A.**, 2002 : Effective Microorganisms - the Fundament of Ecological – Engineering. institute for soil science and agricultural chemistry, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary. Proceedings of 7th International Kyusei Nature Farming. New Zealand.
55. **Olivera, D.**, 2013 : Los EM en la aceleración del proceso de composteo de la materia orgánica y el manejo de residuales sólidos. Memorias en [CD-Rom]. En: I Taller Nacional de Microorganismos Eficientes, Abril, 23 - 25. Universidad de Sancti Spíritus, Cuba.
56. **Olivera, D., Ayala, J., Calero, A., Santana, M., Hernández, A.**, 2014a : Prácticas agroecológicas en la provincia de Sancti Spíritus, Cuba. Microorganismos Eficientes (EM), una tecnología apropiada sobre bases agroecológicas. Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez", Cuba.

57. **Olivera, D., Henderson, D., Wegener, L.,** 2014b : Tecnología EM a partir de hojarasca colectada en un bosque de coníferas en las inmediaciones de Vancouver en British Columbia, Canada.
58. **Paschoal, A.D., Homma, S.K., Jorge, M.J.A., Nogueira, M.C.S.,** 1993 : Effect of EM on soil properties and nutrient cycling in a citrus agroecosystem. 3rd International Conference on Kyusei Nature Farming. Proceedings of a Conference on nature Farming for a Sustainable Agriculture held in Santa Barbara, California, USA.
59. **Paredes, M. V.,** 2013 : Utilização dos micro-organismos eficazes (EM) no processo de compostagem. Universidade José do Rosadio Vellano – UNIFENAS. Brésil.
60. **Parr, J. F., Hornick, S. B.,** 1994 : Assessment of the 3rd International Conference on Kyusei Nature Farming : round table discussion by USDA scientists. Nature farming research and development foundation, Lompoc, California, USA.
61. **Pegorer, A. P. R., Franch, C. M., Franch, J. L., Siqueira, M. F. B., Motta, S. D.,** 1995 : Informações sobre o uso do E.M.(Microorganismos Eficazes) – Apostila. Agricultura natural messiânica - Fundação Mokiti Okada – Rio de Janeiro. Brésil.
62. **Prinsloo, J. F., Schoonbee H. J., Eiselen, R.,** 2002 : Case studies on the potential of EM technology and Kyusei nature farming in commercial and rural agriculture in South Africa with special reference to its environmental impact on crop production and regenerative qualities on herbicide contaminated fruit trees. Aquaculture Research Unit, University of the North, P/Bag X1106, Sovenga, 0727, South Africa. Proceedings of International Kyusei Nature Farming Conferences 1989 - 1997. INFRC Japan or APNAN, Thaïlande.
63. **Prinsloo, J. F.,** 2004 : Investigations into the effect of Effective Microorganisms and organic.
64. **Restrepo, J.,** 2001 : Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares. Experiencia con agricultores en mesoamérica y Brasil. IICA, San José, Costa Rica.
65. **Roque, A.,** 2001 : Nutrición vegetal orgánica en Cuba. Asociación Nacional de Agricultores Pequeños, Cuba.
66. **Salgado, D.,** 2007a : Tecnologías para la utilización de los EM en la producción ganadera. Ecotecnologías, Caracas, Venezuela.
67. **Salgado, D.,** 2007b : Manual para el uso del EM en la producción avícola. Ecotecnologías, Caracas, Venezuela.
68. **Sangakkara, U. R., Higa, T.,** 2000 : Kyusei Nature Farming and EM for enhanced smallholder production in organic systems. In Proceedings of the 13th International Scientific Conference of IFOAM.
69. **Sangakkara, U. R, Weerasekera, P.,** 2001 : Impact of EM on nitrogen utilization efficiency in food crops. In proceedings of the 6th International Conference on Kyusei Nature Farming, 1999. Senanayake, Y D A and Sangakkara U R. Afrique du Sud.
70. **Siqueira, M.F.B.,** 2000 : Influence of Effective Microorganisms on seed germination and plantlet vigor of delected crops.
71. **Tabora, P., Shintani, M., Elango F.,** 2001 : Bananas with EM (Effective Microorganisms) and compatible technologies and economic consequences. EARTH University, Apdo 4442-1000. San Jose, Costa Rica.
72. **Tompkins P., Bird C.,** 1989 : The secret life of plants: a fascinating account of the physical, emotional, and spiritual relations between plants...
73. **Tokeshi, H.,** 1993 : Effect of EM and green manure on soil productivity in Brazil. Luiz de Queiroz College of Agriculture University of Sao Paulo, Piracicaba, Brésil.
74. **Valdés, G., Hernández, Y., Ledesma, M., León, N.,** 2014 : Evaluación de los microorganismos eficientes sobre el comportamiento productivo de cerdas gestadas próximas al parto y sus crías. Universidad de Sancti Spiritus, Cuba.
75. **Vélex, L. A.,** 2002 : Comparación de la calidad de bokashis elaborados con desechos de fincas del trópico húmedo de Costa rica, EARTH, Costa rica.
76. **Villatoro, D. E.,** 2000 : Experiencias con EM en Guatemala. Sustainable Community Development, pp. 3-4.

77. **Wang, R.; Xu, H. L & Mridha, M. A. U.**, 2000 : Phytophthora resistance of organic fertilized tomato. In Nature farming and microbial applications. H L Xu et al (Ed) Journal of Crop Production 3: 77 – 84.
78. **Weerasekera, U. S.**, 1999 : Impact of Effective Microorganisms on nitrogen utilisation in food crops. Faculty of Agriculture of Peradeniya, Sri Lanka.
79. **Wididana, T. H.**, 1991 : The concept and theories of Effective Microorganisms. Okinawa, Japon.
80. **Wood, M T.; Miles, R & Tabora P.**, 1999 : Plant extracts and EM5 for controlling pickleworm *Diapharina nitidalis*. In proceedings of the 5th International Conference on Kyusei Nature Farming, Thaïlande.
81. **Xu, H L.**, 2000 : Effect of microbial inoculation, organic fertilization and chemical fertilization on water stress resistance of sweet corn. In nature farming and microbial applications. H L Xu et al (Ed), Journal of Crop Production 3: 223 – 234.
82. **Xu, H. L. et al.**, 2001 : (Ed) Journal of Crop Production 3: 119 – 126
83. **Xu, H. L.**, 2006 : Nature farming in Japan. 1-168 ISBN: 81-308-0119-1
84. **Zarb, C, Chiang, K.**, 2001 : Efectos beneficiosos de los microorganismos eficientes.