

Innovations de bioproduits basés sur micro-organismes pour réduire les pesticides : potentialités et risques

Actes d'une Journée transdisciplinaire d'échanges

Auteurs : L.TEMPLE, P.FERNANDES, MD. GARINE WICHATITSKY

Avec les contributions de : B. Mathieu AVSF ; D. Felix Agriculteur; F.Goulet Cirad, F. Martin Laurent Inrae, J. Drevon Terre & Humanisme, L. Marchive et L. Maurice IRD, N. Eberhart Ethiquable ; K. Mbodj Agrisud International, O. Husson Cirad ; P.Christen, IRD ; R. Thnard Symbiotik Agroécologie ; S. Hou Ecoland, T.Brunelle Cirad

Nous remercions les autres participants en présentsiels/visio à la journée : H.Sanguin, J.Meille, R.Kahane, R.Ducrot, Yuvan Contino Esquijerosa (Cuba), Samira Sarter, Gemma Arnau (Agap), Marie Giraud (productrice à Lodève),

Avec l'appui technique de : G. Manguele, Irad Cameroun

16 Février 2024

Soutenu par :

CTS SantéS, Cirad

Projet Santé des Plantes, Fondation Agropolis

Initiative Pretag, Fondations Agropolis et Farm

Introduction

Les récentes prospectives d'organismes de recherche, les investissements des organisations professionnelles, de la société civile des entreprises situent les microorganismes au centre d'un renouvellement possible des paradigmes technologiques de l'agriculture. L'activation de ces ressources invitent en effet à une conception intégrée des agro-systèmes dans l'application des démarches de Santé Unique dans l'agriculture. Ces ressources apparaissent ainsi comme de nouvelles promesses ou des leviers d'une intensification écologique pouvant diminuer le recours à des intrants agro-chimiques (pesticides, engrais) dont les impacts sanitaires, environnementaux (climat, biodiversité), sociaux « questionnent » les futurs planétaires.

Dans le secteur de l'agriculture et de l'alimentation, l'innovation basée sur ces ressources s'accélère et se mondialise à partir de différents contextes géographiques (Asie, Amérique latine, Europe, Afrique), organisationnels (entreprises, organismes de recherche, société civile) institutions (politiques publiques nationales, européennes). Cette multipolarité révèle une fragmentation d'initiatives (entrepreneuriales, recherche, sociétale), mais aussi une faible connectivité et des asymétries de connaissances (entreprises, recherche, ONG, services publics). Elle rend difficile la synchronisation (complémentarité dans le temps, l'espace) des expérimentations entrepreneuriales, des connaissances et du positionnement de la recherche permettant de qualifier les trajectoires technologiques qui activent ces ressources.

Cette journée d'étude « transdisciplinaire » dans une posture « d'innovation ouverte » propose de faire interagir chercheurs, entrepreneurs, services d'accompagnement, ONG pour réduire les asymétries d'informations et de connaissances dans le contexte de ou en liens avec l'agriculture tropicale. Elle propose de contribuer à une communauté de connaissances internationales à partir de différentes situations d'expérimentations de ces ressources et l'implication de la recherche dans l'accompagnement, la caractérisation des trajectoires technologiques en cours de réalisation.

Au regard de la multiplicité des situations sectorielles (agriculture, santé humaine, animale), des technologies (biocontrôle, biofertilisation, bio-fortification, bio-économie..), la journée propose une polarité thématique sur les conditions d'activation de ces micro-organismes dans la production de nouveaux bioproduits en liens la recherche d'une réduction d'usage de pesticides. Elle apportera un focus plus particulier sur des situations expérientielles de production à base de micro-organismes locaux (Microorganismes Autochtones Bénéfiques, Lifofer, Bokashi..) dans différents contextes.

Elle se fixe pour objectif de documenter collectivement les verrous (institutionnels, organisationnels, technologiques) à l'activation d'un levier potentiel d'une transition agro-écologique basée sur de nouveaux intrants et de mieux expliciter si les micro-organismes sont les activateurs d'une révolution technologique ou une promesse technologique maintenant les trajectoires actuelles ?

Ludovic Temple et Paula Fernandes (Cirad) :

INTRODUCTION INNOVATIONS DE BIOPRODUITS BASES SUR MICRO-ORGANISMES

Diapositive 1

*Innovations **bioproduits** à base de micro-organismes dans
l'agriculture : potentialités et risques*

L.Temple (Cirad UMR Innovation), P. Fernandes (Cirad UPR Hortsys), M. de Garine-Wichatitsky (Cirad UMR Astre)

Co-organisation :

Champ Thématique SantéS, Cirad

Projet Santé des Plantes, Fondation Agropolis

Initiative Pretag, Fondation Agropolis et Farm



Diapositive 2

**Les bioproduits à base de micro-organismes : leviers d'une transition
agroécologique ?**

Question documentée aujourd'hui par 4 dynamiques institutionnelles (non exhaustif)

- **Initiative Pretag (fondations Agropolis et Farm)** qui dans le cadre de forums récents (Cameroun, Côte d'Ivoire, Cambodge) identifient ces bioproduits comme des substituts possibles aux intrants de synthèse : bockashi, trichoderma, neem, biochar.
- **Projet Santé des plantes (fondation Agropolis)**: Ird, Cirad, Inrae, partenaires sud (Côte Ivoire-Cambodge), qui documente des situations expérimentales, connaissances des liens entre le microbiome des plantes, les pratiques agronomiques.
- **Champ Thématique Santé** qui soutient des animations scientifiques sur la compréhension des intégrations entre la santé animale, plante, humaine, écosystèmes.
- **Actions d'ONG, coopératives, agriculteurs, communautés rurales, entreprises** qui expérimentent, produisent, utilisent ces bioproduits dont les taux d'adoption sont croissants surtout en Amérique latine et Caraïbes.

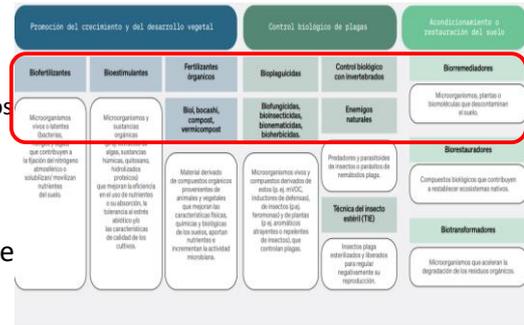
Diapositive 3

Mais de quoi parlons-nous : bioproduits à base de micro-organismes québécois ?

- Contours
 - Mélanges complexes de micro-organismes (>10aines d'espèces) issus de la valorisation de la biodiversité
 - Résultant d'un processus de transformation simple visant à multiplier les microorganismes « utiles »
 - D'origine fermière/paysanne comme industrielle (ex EMRO™)

- Appellations les plus fréquentes
 - EM = Efficient Microorganisms
 - MAB = Microorganismos Autóctonos (/Indígenos) Benéficos
 - MAM = Microorganismos Autóctonos Multipropósitos
 - MAM = Microorganismos Autóctonos de Montana
 - LFF/LiFoFer = Litière Forestière Fermentée (T&H)

- Une multiplicité d'usages à partir d'un produit unique
 - Multiplicité des espèces présentes
 - ⇒ Diversité de services attendus
 - ⇒ un bioproduit qui « n'entre pas dans une seule case »



Diapositive 4

Contours sur les objets centraux de cette journée...

- Par extension des EM/MAB/LFF peuvent être considérés
 - Des thés de composts ou de fumiers
 - Des lixiviats de lombricompostage
 - Autres préparations microbiennes complexes peu maîtrisées
 ⇒ convergence des questionnements de la journée
 ⇒ intérêt pour les adoptants
 ⇒ types de risques
- Ne sont pas considérés des produits à base de microorganismes commercialisés (AMM)
 - Mono-spécifiques, mono-souches et « mono-catégorie » (ex *B thuringiensis*, *B subtilis*, *Rhizobium sp.*, ...)
 - Assemblages microbiens simples et contrôlés (*Streptococcus thermophilus* + *Lactobacillus bulgaricus*, *Pseudomonas fluorescens* + *Trichoderma harzianum*, ...)

Diapositive 5

Tour de table des recherches bioproduits à base de micro-organismes

- Sciences Humaines et Sociales (SHS)
- Sciences du vivant (SV)
- Interdisciplinaire (SHS-SV)



Figure 1: Production of Bokashi at Udom Sorya agricultural cooperative

Dans la recherche agronomique : Cirad, Ird, Inrae

En « liens » avec des situations d'agriculture tropicale et inter-tropicale

Diapositive 6

Travaux en Sciences Humaines et Sociales (Socio-politique, Economie...)

Analyses des politiques publiques, stratégies d'entreprises, agriculteurs sur l'innovation de nouveaux produits et pratiques, liées aux micro-organismes qui mettent en connaissance :

- **Explosion du marché des bio-produits industriels depuis 2017 dans les pays émergents: 60% Biopesticide, 40% Biofertilisants-stimulants**
 - Investissements privés d'entreprises au Brésil (+600), Colombie (+600), Argentine (+300) Costa Rica (+300)
 - coûts, normes plus faibles que les pays de l'Ocde
 - politiques publiques nationales favorables: Brésil..
 - implantation d'entreprises multinationales ex : EMRO →
- Différentiation de trajectoires géographiques d'autoproduction de bioproduits par ONG/coopératives, agriculteurs (non exhaustifs)
 - depuis les années 80 à Cuba ...
 - Depuis 90 en Amérique latine depuis 90 (coopération japonaise) en République Dominicaine au Costa-Rica: Red latino americana AO mais aussi (d'après des informations de pratiques woofing) : Equateur, Pérou, Chili
 - Depuis 2000 : en Afrique Côte d'Ivoire=====→
- Evaluent les conditions de faisabilité technico-économique



marque « EM Efficace » industrialisation de la production et un réseau mondialisé de distributeurs : Sénégal, Cameroun; Afrique du Sud, Cambodge. Depuis 1991 Création groupe Agriton: Belgique, France..

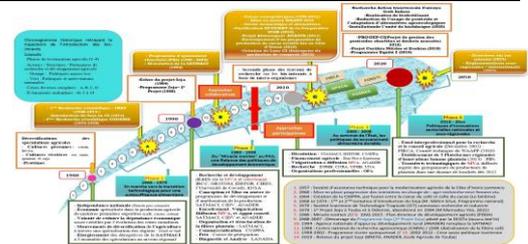


Figure 1. Chronogramme historique retraçant la trajectoire technologique d'introduction des bio-intrants en Côte d'Ivoire. Source : Dr ANGIOBO KOUAKOU, Dr Romuald FOISSOU, Ewan TRAGORE, Dr Luciois TEMPLE (2023)

Diapositive 7

Travaux en science du vivant (agronomie, microbiologie, écologie, médecine vétérinaire....)

- Mettent en connaissance et évaluent ces microbiotes dans le milieu agricole et l'environnement :
 - Caractérisation de la composition microbienne (et métabolomique) de ces mélanges, évolution dans le temps
 - Effets des paramètres physiques de la fermentation sur la qualité finale des produits
 - Evaluation des performances à divers niveaux de situations expérimentales (*in vitro*, en station, en milieu réel) sur différents services potentiels/attendus :
 - Biostimulation (ex : phytohormones)
 - Biofertilisation (ex : fixation de l'azote, réduction, solubilisation du phosphate, production de sidérophores, ...)
 - Biocontrôle (ex : contrôle de nématodes à galles, effets antifongiques, réduction de ravageurs, ...)
 - Réduction des stress abiotiques (hydriques, salins, thermiques....)
 - Restauration des sols (biomasse microbienne, biofilms, ...)
 - GMQ, conversion alimentaire, qualité des produits (oeufs) /productions animales
 - Santé animale (ex : problèmes digestifs au sevrage, assainissement des effluents/réduction de l'ammoniac, ...)
 - Biorémediation (traitement d'eaux usées, dégradation de pesticides, d'hydrocarbures, de composés aromatiques, interactions ETM, ...)
- Besoins d'accompagnement dans le renforcement de compétences
 - Définition des « recettes » et doses optimales par contexte/milieu/usages
 - Préciser et mieux contrôler les conditions optimales de fermentation
 - Pouvoir détecter facilement la présence des pathogènes (kits/tests terrain)

Diapositive 8

Travaux interdisciplinaires SHS-SV de caractérisation des risques

Evaluation des risques liés à la mobilisation des micro-organismes comme intrants / leviers d'agroécologisation des pratiques :

- **risques d'impacts sanitaires d'intrants vivants basés sur des microorganismes**
=> pathogènes ?
 - Santé humaine et animale
 - Santé végétale
- **risques environnementaux**
 - externalités négatives des activités extractives
=> surexploitations de litières forestières ?
 - Effets à moyen et long terme sur les sols ?
 - Carbone du sol / surdosages ?
 - Modifications des populations par introduction de produits exogènes/importés ?
- **risques SE de concentrer la production d'intrants par des firmes privatisant le vivant**
 - Logique de substitution vs autonomisation des producteurs.trices en TAE
 - Dépendance aux importations => vulnérabilité aux chocs

Diapositive 9

Objectifs de la journée (objet de la discussion collective)

- Documenter les verrous (sécurisation, compétences, évaluation économique, politiques publiques autres..) du changement d'échelle dans l'auto- production, usages locaux de bioproduits basés sur les micro-organismes par des agriculteurs ?
- Documenter en quoi, sous quelles conditions, les bioproduits à base de micro-organismes participent à la transition agroécologique : dans leur contribution des pratiques agro-écologiques à la réduction d'usage d'intrants de synthèse ?
- Caractériser comment la recherche peut mieux répondre aux attentes des participants afin d'identifier, programmer et financer des actions prioritaires : nouveaux projets, sujets de thèses, création de réseaux ?
- Partager l'identification des faiblesses, forces, risques, et opportunités de l'utilisation des bioproduits à base de microorganismes pour une note de synthèse collective

Diapositive 10

Programme

1. Interventions orales

- 9h00 - 9h30 **Frédéric Goulet**, Cirad : La production à la ferme de microorganismes au Brésil et au Mexique. Innovations et défis. (Visio)
- 9h30 – 10h **Rémi Thinard**, Symbiotik Agroécologie, Bokashi et biofertilisants, retours d'expériences France, Afrique Amérique Latine (Présentiel)
- 10h - 10 h 30 **Olivier Husson**, Cirad : Intérêt des microorganismes pour la régulation des conditions Eh-pH..nutrition santé des plantes (Visio)

10h30 - 10h45 : Pause café

10h45 - 11h15 **Sorith Hou** et al. (Royal Un.of Agriculture) , Microorganism-based innovation process : agricultural bio-inputs in Cambodia (Visio)

2. Témoignages

- 11h15 - 11h30 ONG Terre Humanisme, **Joseph Drevon** : Retours d'expériences sur des usages de Lifofer en Biocontrôle (Présentiel)
- 11h30 - 11h45 Entreprise Ethiquable, **Nicolas Eberhart** : enjeux d'adoption de l'innovation bio-fertilisant en Amérique latine (Visio)
- 11h45- 12h00 IRD, **Laudine Marchive et Laurence Maurice**, Recherche participative en Côte d'Ivoire (Présentiel)
- 12h00-12h15 Agrisud International, **Khassime Mbodj** : Diffusion et application des MAB comme pratique agro-écologique (Visio)
- 12h15-12h30 AVSF, **Bertrand Mathieu** : Formations pour la réduction d'usage des pesticides et des risques (Présentiel):

12h30 - 13h15 – Echanges – Discussion

13h 15 – 14 h Repas

- 14h00 - 14h30 **P.Fernandes et al**, Cirad - Les Microorganismes Autochtones Bénéfiques en Afrique de l'Ouest et à Cuba (Présentiel)
- 14h30-15h **P.Christen** (IRD/IMBE)etal. Caractérisation physico-chimique et microbiologique d'un biofertilisant à base de litière forestière (Présentiel)
- 15h00-15h30 **F.Martin-Laurent**, INRAE - Produits de biocontrôle et de biostimulation microbiens : réglementation et évaluation des risques (Visio)
- 15h30 - 16h00 **T.Brunelle** Cirad, et al. Barriers and Solutions to Reducing Chemical Inputs in Agriculture: towards a Systemic Approach (Présentiel)

3. Discussion collective : 16h – 17h

Frédéric Goulet, Cirad :

LA PRODUCTION A LA FERME DE MICROORGANISMES AU BRESIL ET AU MEXIQUE. INNOVATIONS ET DEFIS.

Diapositive 1



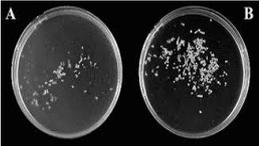
Emergence of microbiological inputs and the challenging laboratorisation of agriculture

Frédéric Goulet
Journée CIRAD 16 février 2024
frederic.goulet@cirad.fr

1

Diapositive 2

Latam : boom des biointrants depuis 90's



- Microorganismes, technologies de nutrition des plantes
- Tournant majeur en biocontrôle: des macro aux microorganismes

Diapositive 3



Bacillus subtilis 500 x 500



imagen www.sciencephoto.com

Table 1
Main microorganisms used as agricultural inputs.

Name	Function	Type	Target
<i>Beauveria bassiana</i>	Biological control	Fungus	Bumblebees, flies, butterflies and butterfly caterpillars
<i>Bacillus thuringiensis</i>		Bacteria	Lepidoptera, beetles and mosquitoes
<i>Metarrhizium anisopliae</i>		Fungus	Termites, bumblebees and mealybugs
<i>Trichoderma</i> spp		Fungus	Rhizoctonia, Mucor, Pythium, Phytophthora, Fusarium, Rhizopus, Botrytis y Colletotrichum
<i>Bacillus subtilis</i>		Bacteria	Rhizoctonia, Mucor, Oidium, Pythium, Phytophthora, Fusarium, Rhizopus, Botrytis y Colletotrichum
<i>Lecanicillium</i> spp		Fungus	Whitefly, thrips, mealybugs and aphids
<i>Azotobacter</i> , <i>Rhizobium</i> , <i>Azospirillum</i>	Biofertilisation	Bacteria	Nitrogen fixation
<i>Micrococcus</i> , <i>Mycobacterium</i> , <i>Pseudomonas</i>		Bacteria	Phosphorus solubilisation

Diapositive 4



Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | 30 de junio de 2022




CONSUMO BIOINSUMOS

AGROSAVA MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

Émergence des intrants microbiologiques

- Quelles **modalités d'émergence** en Amérique latine ?
 - Au sein des institutions et franges dominantes
- **Emergence** : *processes which, at an early stage and by involving a diversity of stakeholders (research, industry, public administrations, distributors, users, etc.), contribute to the spread of a technology to make it important, or even predominant (Rotolo et al., 2015)*
- Postulat : reconfiguration des systèmes sociotechniques (Geels & Schott, 2007) vs substitution chimie par biologie
- Rôle des **sciences** et de la **recherche**

5

Chile. INIA lanza el Centro Nacional de Bioinsumos para disminuir el uso de agroquímicos en el país

El centro está a cargo del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), y será la entidad responsable de coordinar el desarrollo tecnológico de insumos de origen microbiológico para enfrentar plagas, enfermedades agrícolas y el estrés de los cultivos ante los efectos del cambio climático.



Microbiologie : mouvement depuis les laboratoires...



Diapositive 7



Diapositive 8

MANUALES PRÁCTICOS PARA LA ELABORACIÓN DE BIOINSUMOS
16. Reproducción de Microorganismos Específicos.

AGRICULTURA | INIFAP | Producción Biofertilizante

Quer produzir seu bioinsumo na fazenda e economizar até 40%?
Manejo biológico ONFARMS

NOSSA TECNOLOGIA

Desenvolvemos uma tecnologia integral com padrão industrial e fornecemos todos os equipamentos, insumos e assistência técnica para você poder produzir seu próprio bioinsumo na fazenda.

... vers des fermes

DISCUSSION

Participant (X) : Je me demande si ce n'est pas souhaitable que les technologies dont on va parler aujourd'hui soient industrialisées et servent à une agriculture intensive comme le soja que je ne connais pas bien, mais je me fais une image. En tout cas des cultures de soja, des monocultures très intensives.

Et je ne sais pas si cette technologie en fait, doit servir d'un fonctionnement agricole qui ne correspond pas à ce qu'on a enfin. En tout cas moi c'est ce que je pense vers où on devrait aller.

Frédéric GOULET : Donc ta question, ça serait finalement, **est-ce que c'est simplement un produit de substitution qui permet de maintenir des pratiques conventionnelles, mais on remplace un produit par un autre ? il s'agit de ça ?**

Est-ce que c'est une démarche technologique pour le mode de fonctionnement actuel de capital à gros ou à grande échelle ?

Participant (X) : On voit bien qu'avec le changement climatique et l'augmentation des températures, on aura de plus en plus de maladies, de micro-organismes, de pathogènes et tout, et donc toutes ces recherches qu'on fait là pour courir derrière avec des pratiques alternatives, je me pose la question et les mettre au service de cette industrie, de cette production industrielle, qu'elle soit végétale ou animale. Je pense qu'on va être vite au taquet, parce qu'en fait, on court derrière des choses qui ne vont pas être réalisables.

Frédéric GOULET : Ici, j'ai essayé de décrire comment les choses se passent aujourd'hui en Amérique latine, et le fait est que, les choses se passent comme ça aujourd'hui, que ce soit pour le bien ou pour le mal, ou que ce soit dans une direction qui nous plaise ou pas. De toute évidence, c'est véritablement ce qui est en train de se passer aujourd'hui, il y a un déplacement en termes d'investissement industriel, les savoirs scientifiques de recherche qui sont conduits vers ces objets. Après, est-ce que c'est bon ou pas bon ? Enfin, je veux dire, est-ce que cela sert de modèle ? Effectivement, ça c'est une tout autre question. Je pouvais avoir un avis personnel sur la question, mais ce n'est pas le sujet dont je traitais ici et effectivement chacun peut avoir son opinion.

Participant (M) : Ma question, est par rapport au concept de biosécurité. Je ne connais pas très bien le sujet et je suis arrivé en me disant toutes ces technologies, c'est plutôt une nouvelle façon d'apprendre à faire avec le vivant, d'être dans des méthodes moins biocides. Mais, la façon dont tu décris cela Frédéric je me dis c'est plutôt une extension du domaine de la biosécurité à d'autres domaines. Enfin voilà, dans le domaine de la ferme au sol. **Est-ce que c'est une façon de repenser la biosécurité, ou plutôt de contribuer à l'extension de ce concept pour sa mise en œuvre ?**

Frédéric GOULET : Bien que je ne sois pas expert en biosécurité effectivement, je pense que ça peut assez bien rentrer là-dedans, alors ce qui est intéressant par contre, c'est qu'effectivement cette terminologie est assez peu présente autour de ces débats. On va dire en termes de microbiologie, c'est quelque chose comme ça, mais je veux dire, c'est assez peu posé en ces termes par les microbiologistes oui mais en tout cas, du côté des politiques publiques c'est encore assez peu saisi.

C'est effectivement cela qui joue, mais je veux dire en termes de mise à l'agenda, ce n'est encore pas ça qui joue essentiellement dans cette armée, mais je pense que cela va se déplacer vers là effectivement ; parce que le cas du Brésil est différent de ce que nous avons

vu, c'est à dire à quel point une mobilisation scientifique peut arriver ou non à dévier une politique publique.

On en est là aujourd'hui, c'est vraiment à ce niveau que cela se joue avec un projet de loi. **A contre-projet de loi et qui gagnera derrière ? Et puis évidemment, un certain rapport à la science en fonction des gouvernements qui changent.**

C'est-à-dire que, au temps de Bolsonaro, on méprisait totalement l'avis des scientifiques en la matière. Avec l'arrivée, le retour de Lula au pouvoir, effectivement, on a une oreille un peu plus attentive à l'argument scientifique, mais en tout cas c'est vraiment là-dessus que ça se joue. Au Mexique, c'est finalement moins médiatisé, mais c'est exactement la même chose. Un gouvernement qui cherche à soutenir à tout prix les petits producteurs et les technologies accessibles au mépris justement des mises en garde et l'écologie.

Ludovic TEMPLE : Donc on voit qu'on est sur une attente que Rémi eût vu arriver. Un gros enjeu donc de différenciation, de 2 trajectoires et qui pose la question à la recherche à savoir comment elle s'engage ; **Comment elle se situe ?** il s'agit de notre engagement dans la transition agroécologique et dans l'accompagnement.

Des structures de l'agriculture familiale, de la transition à partir des situations de localisation, questionnées par la présentation de Frederic ont bien été abordées. Rémi va nous présenter peut-être l'autre dynamique qui est portée plus de manière endogène par des situations qui ont été qualifiées d'informelles. Mais, est-ce que le mot informel est bien adapté, je ne crois pas. Peut-être qu'elles sont beaucoup plus structurelles qu'on ne le pense.

Rémi Thinard, Symbiotik Agroécologie,

BOKASHI ET BIOFERTILISANTS, RETOURS D'EXPERIENCES EN FRANCE, EN AFRIQUE ET EN AMERIQUE LATINE

Diapositive 1

Bokashi & biofertilisants, retours d'expériences en France, en Afrique et en Amérique Latine



SYMBIOTIK
AGROECOLOGIE

www.symbiotik-agroecologie.fr
remi.thinard@symbiotik-agroecologie.fr
07 71 89 74 59

Diapositive 2



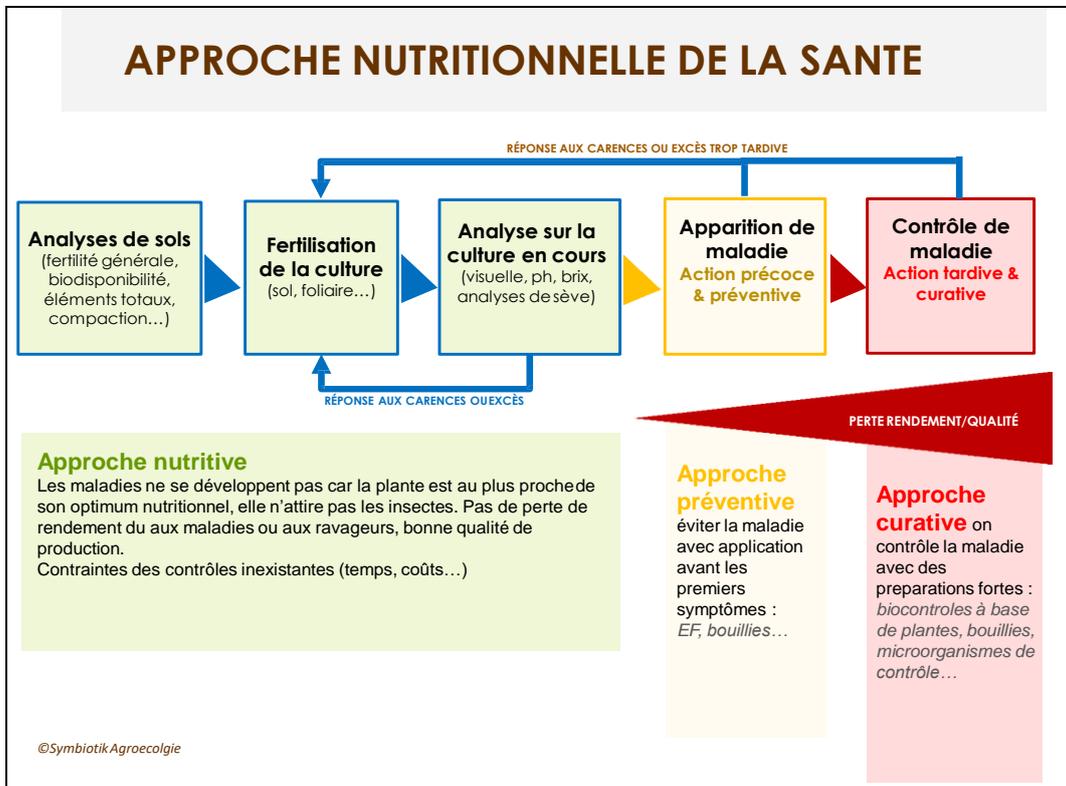
SYMBIOTIK
AGROECOLOGIE

DES CONNAISSANCES, DES TECHNIQUES ET
DES PREPARATIONS POUR AMELIORER LA
FERTILITE DES SOLS ET DES PLANTES.

Diapositive 3



Diapositive 4



Diapositive 5

**BOKASHI & BIOFERTILISANTS,
RETOURS D'EXPIÉRIENCES EN
AMÉRIQUE LATINE**

Diapositive 8



Diapositive 6



Diapositive 9

LES 5M

- 1 - Microbiologie**
- 2 - Minéraux**
- 3 - Matière organique**
- 4 - Molécules vivantes :**
Génie végétal = Le générateur d'énergie
+ Génie animal = Le brasseur du sol
- 5 - Matière Grise**

Diapositive 7



Diapositive 10



Diapositive 11



Diapositive 14



Diapositive 12



Diapositive 15



Diapositive 13



Diapositive 16



Diapositive 17



Diapositive 20



Diapositive 18



Diapositive 21



Diapositive 19



Diapositive 22



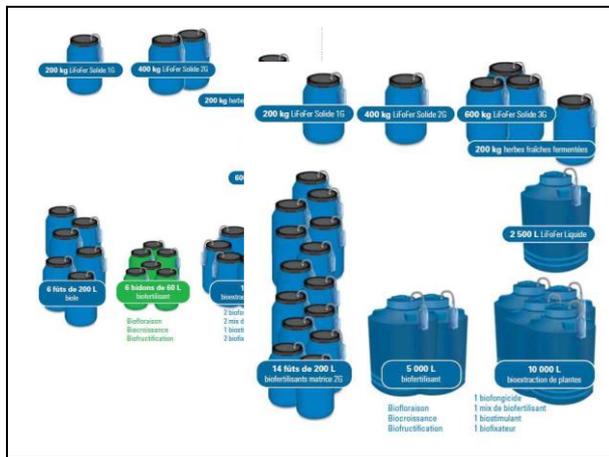
Diapositive 23



Diapositive 26



Diapositive 24



Diapositive 27



Diapositive 25



Diapositive 28

Mission 18 au 25/01 2021 - CAMAYE	
groupe	Mission - PROGRAMME
CAMAYE	jeudi 14 janvier 2021 Après-midi : Introduction à la microbiologie préparation de MMS vendredi 15 janvier 2021 3 - Matin : Préparation de l'espace biofabrique + collection de micro-organismes en forêt. Après-midi : Microbiologie + préparation de MMS. samedi 16 janvier 2021 2 - Matin : Matière organique & couverts et arbres nourriciers. Après-midi : réalisation d'un bokashi dimanche 17 janvier 2021 Réunion sur le protocole de recherche avec Mr Kabore. Soir : repas avec le directeur (diversification en bio) lundi 18 janvier 2021 Matin : Minirouex. Après-midi : réalisation de Biodes partie 1 + biofertilisant simple + inoculant BF pasteurisé mardi 19 janvier 2021 Matin : Cordon Minéral (Phosphore usé) Viscos y sulfonico + Réalisation de phlogothtes Après-midi : préparation bioinoculant + questions/réponses mercredi 20 janvier 2021 Matin : biodes partie 2 + MMS 26. Après-midi : départ SCB
Mission 18 au 25/01 2021 - CAMAYE	
groupe	Mission - PROGRAMME
CAMAYE	mercredi 3 janvier 2021 Après-midi : Réunion jeudi 4 janvier 2021 Samedi : Visite des biofabriques Après-midi : mise à niveau de la biofabrique en fonction des besoins vendredi 5 janvier 2021 Samedi : Préparation et contrôle des mélanges en labo par l'agronome nutritionnel Ay samedi 6 janvier 2021 Après-midi : Analyse de terre et échant. des souches de fermentation (recherche ouverte personnelle...) samedi 8 janvier 2021 Samedi : Visite d'un parcelles d'eau projet de re Transport dimanche 9 janvier 2021 Voyage à Mombasa jeudi 10 janvier 2021 Samedi : Rencontre des bioinoculateurs Après mardi 11 janvier 2021 Samedi : Visite des parcelles SCB mercredi 12 janvier 2021 Après-midi jeudi 13 janvier 2021 Transport vendredi

Diapositive 29



Diapositive 32



Diapositive 30



Diapositive 31



LIFO FER + MINÉRAUX => BIOFERTILISANTS

Matériel : Bidon de 200L hermétique + système de valve et bouteille (évacuation des gaz).
70L d'eau
10 Kg d'inoculant BF ou 50 kg de merde de vaches fraiche ou 10 kg de LFFS
6 Kg de Mélasse dilué dans 20L de LiFoFer liquide (MML)
10 à 50 L de petit lait (ou 2 L de lait cru)

+

3-5 kg de cendres.
3-5 kg de roche phosphorique ou 6 kg de cendres d'os.
Complet avec de l'eau sans chlore (jusqu'à 10-15 cm du haut du bidon).

LIFO FER + MINÉRAUX => BIOFERTILISANTS

Biofertilisants liquides spécifiques

(Recette de Juan José Paniagua et Rémi Thinard)

1^{ERE} PARTIE

Matériels : 1 bidon de 200L avec système de valve et bouteille (évacuation des gaz)
5 à 10 Kg de « herbe traité » ou de merde de vache fraiche (ou 10Kg de LFFS)
6 Kg de mélasse (ou 3 Kg de sucre) dilué dans 20-40L de LiFoFer liquide.
10 à 80L de petit lait (ou 4L de lait ou lait en poudre pour veaux)
Eau sans chlore pour compléter le bidon jusqu'à la moitié.



Il est recommandé de ne pas dépasser la dose de mélasse indiqué car les micro-organismes ne développent pas correctement. Mélangez le tout et laissez reposer pendant 4-6 jours avant d'ajouter les minéraux, période nécessaire à la reproduction des micro-organismes.

LIFO FER + MINÉRAUX => BIOFERTILISANTS

2^{ème} PARTIE (après 4 jours)

Matériels : 4-6 Kg de mélasse (ou 2-3 kg de sucre) dilué
20-100L de LiFoFer liquide (MM liquides)



Ajouter UN ET UN SEUL des minéraux suivants au choix :

- 8-10 Kg de lithothamne poudre ou de carbonate de calcium micronisé (Bio Calcium)
- Ou 8 Kg de Sulfate de Potassium (Bio Potassium)
- Ou 25 Kg de Sulfate de Magnesium (Bio Magnesium)
- Ou 4-6 Kg de cendres (Bio Oligo)
- Ou 10 Kg de Sulfate de Zinc (Bio Zinc)
- Ou 12 Kg de poudre d'os ou 15Kg de poudre de cendres d'os (Bio Phosphore)
- Ou 10 Kg de Sel de bore (Bio Bore)
- Ou 12 Kg de Sulfate de Manganèse (Bio Manganèse)
- Ou 6 Kg de Phosphites (Bio Si)
- Ou 4 Kg de sulfate de Fer (Bio Fer)
- Ou 4 kg de sulfate de cuivre (Bio Cuivre)
- Ou 12 Kg de diatomée (Bio 38ME)
- Ou 30L de sang frais (ou 15kg de sang séché) (Bio aminé)
- Ou 15 Kg d'algues séchées (Bio Oligo aminé)
- Ou 1 kg de Molybdate de Sodium (Bio Mo)

LIFO FER + MINÉRAL => BIOFERTILISANT

Biofertilisants liquides spécifiques

(Recette de Juan José Paniagua et Rémi Thinard)

1^{ERE} PARTIE

Matériels : 1 bidon de 200L avec système de valve et bouteille (évacuation des gaz)
5 à 10 Kg de « herbe traitée » ou de merde de vache fraîche (ou 10Kg de LFFS)
6 Kg de mélasse (ou 3 Kg de sucre) dilué dans 20-40L de LiFoFer liquide.
10 à 80L de petit lait (ou 4L de lait ou lait en poudre pour veaux)
Eau sans chlore pour compléter le bidon jusqu'à la moitié.



Il est recommandé de ne pas dépasser la dose de mélasse indiquée car les micro-organismes ne développent pas correctement. Mélangez le tout et laissez reposer pendant 4-6 jours avant d'ajouter les minéraux, période nécessaire à la reproduction des micro-organismes.

Diapositive 37

Bioextraction de plantes

Matériels : 1 bidon de 200L avec système de valve et bouteille (évacuation des gaz)
20kg de plantes
6 Kg de Mélasse (ou 3Kg de sucre) dilué dans 20 L d'eau
20 L – 100L de LiFoFer Liquide (Micro-organismes de montagne Liquide)
Compléter avec de l'eau sans chlore jusqu'à 180L.

Coupez les plantes en morceaux de 2 à 10 cm, vous pouvez aussi les écraser ou les liquéfier à basse vitesse. Bien mélanger le tout et vous serez prêt dans 15 jours. En fonction des plantes allélopathies utilisées, il aura des effets répulsifs, insecticides et fongicides sans nuire à l'environnement et en préservant l'équilibre holistique des cultures.

UTILISATIONS: Tous les 15 jours en foliaire, 1 L / pulvé, jusqu'à 10 L / 200 L, à 5%.

Diapositive 38



Diapositive 39



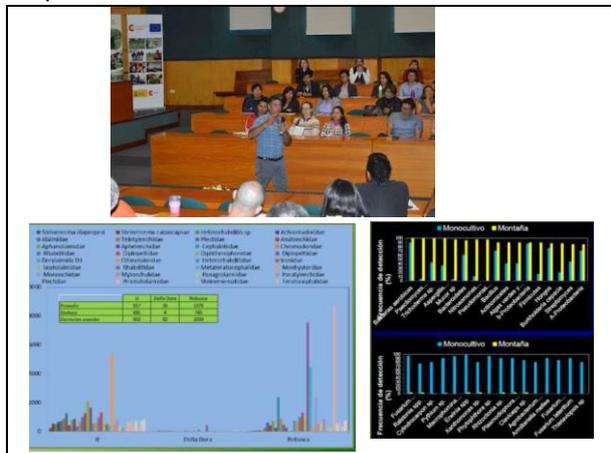
Diapositive 40



Diapositive 42



Diapositive 41



Diapositive 44

Témoïn	Lifofer commerce (30l pour 100l)	Lifofer x2 (30l pour 100l)	Lifofer x1 (15l pour 100l)
2,29 t paille	2,64 t paille	2,57 t paille	2,79 t paille
47,1 qx	61,4 qx	57,9 qx	50,7 qx

Rendement de la parcelle : 50-55 qx (estimation agriculteur)

Groupe de Violay (42) – (Lifofer)
+4 à +25% d'augmentation de rendement sur blés

Diapositive 45

Groupe de Violay (42) – (Lifofer)

- 2 passages de lifofer liquide à 60l/ha le 14/11/2022 et le 24/03/2023
- **Analyse de sève sur blé le 7/04/2023** sur les deux modalités (avec et sans lifofer) :
 - ➔ Régulation des excès et mise en évidence des carences. **Meilleure transformation de l'azote avec lifofer = disponible pour la plante. Améliore la santé de la plante qui est davantage capable d'aller chercher les oligo-éléments disponibles.**
 - ➔ Carence en bore et molybdène à rajouter dans lifofer (20g/ha + 500g/ha soluble) mais non fait
- Analyses de valeurs sur les deux modalités (avec et sans lifofer) à la récolte de chaque culture

Résultats sur méteil ensilage :

+ 27% de MAT avec lifofer 144 VS 113
 = 450g de tourteau soja/jr/UGB
 =4500€/an d'économie (50 UGB)

Résultats sur blé :

Témoin : 99 MAT
 Lifofer : 102 MAT
 + 3% de MAT avec lifofer

➤ Estimation rendement :

Résultats sur méteil ensilage :

+ 15% de rendement estimé

Résultats sur blé :

Pas de différence entre les modalités sur le grain (86/82 qx) et la paille (5,2 t)...






Diapositive 46

Groupe de Violay (42) – (Lifofer)

- 1 passage le 08/04/2023 à 60l/ha sur blé
- Estimation rendement le 14/07/2023 :

	blé lifofer	blé sans lifofer	Différence
Grains en qx	84	70	120% + 14 qx
Paille en t	7,8	6,9	113% + 900 kg







Groupe SIMA Coise – (Lifofer + **Oligos)**
 +5 à + 20% d'augmentation de rendement
 sur blés et méteils

Groupe SIMA Coise – (Lifofer + **Oligos)**

SUIVI ET RENDEMENTS ORGE GAÉTAN GOUTAGNY

- Pas d'effets visuel suite aux applications
- . Blé était malade en bas (+ échauder en bas qu'en haut), deux parcelles.

Témoin (sans traitement)	Biofertilisé
62 quintaux / 3,9 t paille	77 quintaux / 5 t paille

ANALYSE MAT

Orge Gaétan
 Témoin : 102 g/kg

Blé Gaétan
 avec Lifo-nutrition : 117g/kg

+15 quintaux + 1,1t paille

+ 15 grammes de MAT/kg avec Lifofer et 1 application de précision

Diapositive 49

Résultats MAT – (Lifofer)

Resultats MAT			
	MS (% MB)	MAT (g/kg)	Augmentation
Gaetan orge temoin	92,4	102	
Avec Lifofer	91,4	117	14,7%
Gaetan blé temoin	92,1	119	
Avec Lifofer	91,4	136	14,3%
Patrice grange orge temoin	93,1	108	
Avec Lifofer	93,3	125	15,7%
Peillon Blé Temoin	90,4	99	
Avec Lifofer	90,3	102	3,0%
Rey Blé Temoin	88,2	111	
Avec Lifofer	88,1	130	17,1%

Des diapos sur des conditions d'agriculture française ayant peu été débattues ont été enlevées mais sont disponibles sur demande.

Diapositive 50



Diapositive 65



Diapositive 66



Diapositive 69



Diapositive 67



Diapositive 70



Diapositive 68



Diapositive 71



Diapositive 72

BOKASHI 2020/2021				
	QTD	peso o volumen/UND	KILOS	DOLARES
pollinaza	6	28	89 040	\$ 3 000,00
frechillo	20	25	500	\$ 360,00
arra negra	4	8	51 200	\$ 100,00
arena de rocas				
melaza	15	20	300	\$ 300,00
gastos otros				\$ 4 594,00
agua	6	5000	30 000	\$ 60,00
		TOTAL	141840	\$ 8 414,00
			precio/kg	\$ 0,060

BOKASHI 2020/2021				
	QTD	peso o volumen/UND	KILOS	DOLARES
pollinaza	6	28	90 000	\$ 3 000,00
desecho guinoa			500	\$ 10,00
desecho de verduras			15 000	\$ 100,00
carbon	2	2000 kg	4 000	\$ 400,00
cascarilla	1	65m3	6 500	\$ 500,00
afrechillo	20	45	900	\$ 160,00
arena negra	4	8	51 200	\$ 80,00
Harina de rocas			5 000	\$ 300,00
melaza	25	20	500	\$ 200,00
Gastos otros				\$ 4 594,00
agua			30 000	\$ 60,00
		TOTAL	173600	\$ 9 404,00
			precio/kg	\$ 0,054



Diapositive 73




Source: Photo courtesy JICA (2011)

Diapositive 74



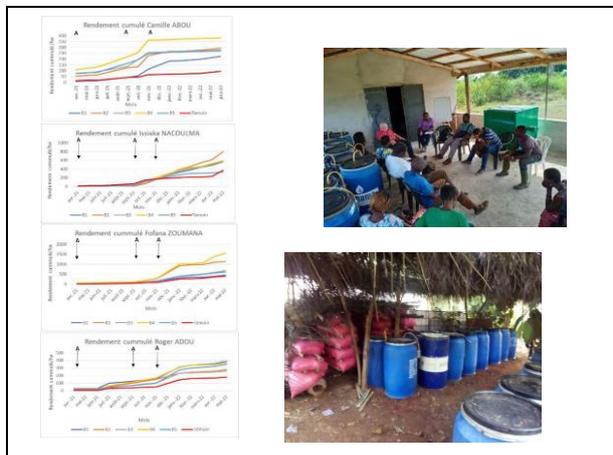

Diapositive 75



Diapositive 78



Diapositive 76



Diapositive 79



Diapositive 77



Diapositive 80

PERSPECTIVES

Etat des lieux sur la recherche déjà réalisée en Amérique Latine et dans le monde sur ces techniques et pratiques.

Accompagner des projets de recherche qui combinent l'application des différentes techniques de biointrants (approche holistique).

Diapositive 81

Beneficios, mitos y oportunidades sobre el uso del biol

←

27 DE FEBRERO 2024
09:30 AM - 11:10 AM

REGISTRO EN ZOOM
LINK: <https://bit.ly/webinar-biol>

9:30 AM	Registro de participantes
9:35 AM	Palabras de apertura
9:40 AM	Presentación de resultados de proyecto
10:05 AM	Comentarios del Comité Científico
10:20 AM	Q&A con asistentes
10:40 AM	Panel de discusión: conclusiones y recomendaciones
11:00 AM	Palabras de cierre

✉ latinoamerica@rikolto.org

COLABORACION por SISTEMAS ALIMENTARIOS RESILIENTES

rikolto

Diapositive 82

SYMBIOTIK

AGROÉCOLOGIE

LA SANTÉ, ÇA SE CULTIVE!

Formation & Conseil
Accompagnement collectif ou individuel
Développement de centre de préparation de biofertilisants

symbiotik-agroecologie.fr

DISCUSSION

Je pense que l'agriculture dont nous parlons ici est axée sur les petites exploitations agricoles à l'étranger. En France par contre, nous pouvons observer des cultures beaucoup plus grandes. Par exemple sur la tomate, on travaille avec le numéro 2 en France, donc avec de très grandes fermes. Certaines d'entre elles possèdent plusieurs dizaines, voire des centaines d'hectares de serres. Aujourd'hui, tout le monde s'intéresse vraiment à ces techniques agricoles. Si on cumule tous les agriculteurs qui utilisent ces techniques en Turquie, on va se rendre compte qu'ils sont représentés désormais maintenant par de vastes surfaces potentiellement plusieurs milliers d'hectares.

Alors, notre travail se concentre principalement sur la formation des techniciens, et aussi peu les producteurs qui pourront également par la suite, accompagner les techniciens, lors de formations très pratiques et orientées vers l'application concrète.

En général, ce sont les techniciens qui s'approprient ces techniques et les diffusent ensuite en fonction des résultats obtenus. En Amérique latine, l'accent est plutôt mis sur l'agroforesterie, l'agroécologie et le bio ou pas.

En ce moment en Amérique latine, c'est plutôt le bio qui est populaire, mais il y a aussi plusieurs personnes qui passent du conventionnel au bio.

En France, nous rencontrons souvent des agriculteurs ou producteurs qui se trouvent dans des situations difficiles et qui cherchent des solutions alternatives et viennent à nous solliciter, et c'est dans ces cas que nous intervenons souvent. Ces cas sont parfois assez extrêmes en termes de fertilité des sols. Ce qui est intéressant, c'est que ces techniques ont prouvé leur efficacité dans de nombreux contextes."

Même avec des sols en très mauvais état, parfois on dit que mes sols sont nématodes dans une région tropicale où il y a des champignons ou d'autres problèmes spécifiques. A partir du moment où on met en pratique toutes ces techniques, cela fonctionne bien.

Au début, les producteurs, n'appliquent pas forcément tout au pied de la lettre, mais ils suivent ce qui est expliqué dans ces pratiques. Par exemple, une application par semaine de micro-organismes avec Sylvain.

Petit à petit, la curiosité grandit. Lorsque nous commençons à expliquer ces choses aux producteurs, ils veulent aller plus loin et s'approprier ces techniques. Cela se produit également en Amérique du Sud, où le nombre de préparations explose grâce à l'adoption par les agriculteurs.

On a vraiment une appropriation par le monde paysan de ces techniques via ces formations et des échanges, notamment en ce qui concerne la dégradation des sols. La fertilité sols est souvent un déclencheur. Par exemple, Panigua au Costa Rica a basculé du conventionnel vers le bio, en utilisant des micro-organismes.

On va essayer de faire des questions-réponses un peu plus courtes telles que : **Qu'est-ce que la persistance dans le milieu des micro-organismes ? Plus précisément, qu'en est-il du Bokashi lorsqu'il est produit en anaérobie ? Une fois que le Bokashi est introduit dans le milieu, qu'en reste-t-il ?**

Réponse très courte : pour l'instant, nous n'avons aucune idée. Il y a peu d'études faites sur le sujet, mais les analyses métagénomiques commencent à explorer l'impact des micro-organismes sur les sols. Malheureusement, il y a un cruel manque de recherches approfondies dans ce domaine. Peut-être que Pierre a quelques éléments à partager."

On a également travaillé sur Lys, sur le thème Terre et Humanisme, on a remarqué au départ que notre produit qui était riche en bactéries lactiques comme l'a mentionné Remi, on constate sur plusieurs mois que : les bactéries lactiques s'implantent dans le réseau sphère.

Il y a des bactéries lactiques naturellement présentes dans le sol, ainsi que des bactéries lactiques produites par notre procédé de fermentation de la vie. Nous avons remarqué qu'il y a une implantation de ces bactéries dans la rhizosphère. Cependant, il existe peu d'études sur l'impact métagénomique de ces micro-organismes sur les sols. En ce qui concerne les micro-organismes de montagne, ils sont abondants, mais on en trouve très peu dans les Bokashi seuls. Il y a donc des impacts liés à l'utilisation de micro-organismes. Au Costa Rica, des études ont été menées, mais il est difficile de séparer les effets des différentes techniques. En cumulant les micro-organismes, le Bokashi et les biofertilisants, on obtient un ensemble complexe qui contribue au bon fonctionnement du système. Cependant, cette interaction est difficile à étudier, car les résultats peuvent varier."

Participant (X) : j'ai 2 questions, une très simplement, vous avez évoqué que, sur certains ensembles de projets, vous développez des techniques avec du biocontrôle. Quel type de biocontrôle utilisez-vous ? S'agit-il d'insectes, de macro-organismes ou d'autres types d'organismes etc. ? Et dans ces cas, est-ce que vous avez des stratégies ou d'autres types de bio ?

Quant à la réussite de ces techniques, elle est souvent observée en Amérique du Sud et en Amérique centrale. Cependant, je n'ai pas d'expérience personnelle dans ces régions. En revanche, j'ai des connaissances sur la Côte d'Ivoire.

Et ce que j'entends, ce dont je lis sur l'Amérique du Sud et centrale me laisse penser que c'est très différent de ce qui se passe, en tout cas en Côte d'Ivoire. Je ne connais pas d'autres endroits où ces techniques sont développées dans d'autres pays africains. Il est beaucoup plus compliqué de développer ces techniques pour des tas de raisons qui ne sont pas simplement techniques, mais qui sont aussi sociales, liées à la propriété de la terre, au coût du travail, aux débouchés, etc.

Il y a une complexité bien plus grande pour monter en échelle. Si on peut parler de scalabilité, j'aimerais avoir votre réflexion. Vous êtes allé à la coopérative de Camaïeu ? Le projet, c'est d'abord une des rares coopératives qui est dans l'élite des coopératives. Les personnes qui sont mobilisées dans ces projets font partir de l'élite de cette coopérative. C'est loin d'être représenté, ce que l'on sait.

Réponse

En Côte d'Ivoire, de répondre à la première question sur le biocontrôle. En formation générale, ce que nous expliquons est assez simple. Nous utilisons la fermentation de plantes, en utilisant différents types de plantes, qu'elles soient locales ou non. Les recettes pour ces fermentations (lactofermentation) sont faciles à trouver. Après la fermentation, nous utilisons ces préparations sur les parcelles au moment des attaques ou de la reproduction de certains insectes, notamment les mairies en Côte d'Ivoire. Ensuite, il y a la possibilité d'utiliser des bouillies bordelaises ou des bouillies nantaises. Elles ne sont pas exclues, surtout en cas de grosses attaques fongiques. Ces bouillies permettent de contrôler l'environnement et de maîtriser les pathogènes avant de passer à des schémas de nutrition plus spécifiques.

Il est important de comprendre que l'utilisation de la bouillie bordelaise ou de la bouillie nantaise n'est pas mauvaise en soi. Au contraire, elle peut résoudre de nombreux problèmes. En Côte d'Ivoire, la bouillie nantaise est beaucoup utilisée, notamment la bouillie Sulfo-Calciq pour la polyculture du calcium de manière ponctuelle. Enfin, le développement de

ces techniques en Côte d'Ivoire a été initié par **ÉTHIQUABLE** en 2016. Une première visite a eu lieu en 2016 ou 2017 avec Louis Lohan, un technicien travaillant en Équateur. Il est venu en Côte d'Ivoire pour expliquer comment produire et utiliser des micro-organismes.

Puis je suis retourné en 2020, 2021 et 2022 pour lancer les formations et tout le processus autour de ces biostimulants et de ces techniques. Pour moi, la Côte d'Ivoire, par rapport à d'autres pays où j'ai pu me déplacer, comme Madagascar, reste quand même un succès. Nous avons bénéficié d'un accompagnement important. Nous continuons à y retourner régulièrement. De plus, un projet de recherche sera présenté prochainement. Ce projet a également contribué à stimuler l'intérêt des producteurs.

Pour moi, ça a été spectaculaire, je trouve ça très rapide. Entre la première année où j'y suis allé et la deuxième année, puis la troisième, il y a eu une évolution significative. La première année, il y avait 10 producteurs. La deuxième année, ce nombre est passé à une vingtaine, et la troisième année, des coopératives de tout le pays ont participé.

Pourquoi ?

Je pense que les techniciens ont bien assimilé les techniques. Ils ont observé les effets et ont rapidement multiplié leur utilisation de manière empirique, en partageant leurs connaissances entre eux. Notamment, Georges, qui était très compétent dans ce domaine, a joué un rôle clé. Grâce à la formation et au partage d'informations, ils ont compris qu'ils pouvaient facilement s'approprier ces techniques et les diffuser. C'est donc un véritable succès story à mes yeux.

Parce que quand on va dans certains pays, parfois ça prend beaucoup plus de temps. Mais là, en Côte d'Ivoire, ça va très vite. Je pense qu'il y a beaucoup de demandes de la part des producteurs, mais du point de vue vraiment terrain, après la partie institutionnelle, c'est encore autre chose. Sur le terrain, on voit beaucoup de produits de biocontrôle qui se développent dans les différentes coopératives.

Enfin, pour moi, les éléments de contexte internationaux ont été aussi favorables ces dernières années avec les ruptures d'approvisionnement en engrais, notamment à cause de la guerre en Ukraine. Bruno DORIN a parlé des similitudes, mais aussi des différences qu'il a observées en Inde, notamment dans un État du Sud, l'Andhra Pradesh. Pour les similitudes, il y a les fameux bidons bleus où ils pratiquent des fermentations et des mélanges à base d'urine, de vaches, de poules, etc. Ils rajoutent aussi du sucre non raffiné et de la farine de protéines. Ces techniques ont été élaborées depuis une trentaine d'années par un gourou en Inde. Ensuite, elles ont été institutionnalisées et développées un peu autrement dans cet État du Sud de l'Inde, à travers ce qu'on appelle l'agriculture naturelle, gérée par les communautés.

Ce qui m'a surpris, ce sont aussi les différences. Ici, vous parlez de biofertilisants, alors qu'en Inde, on n'utilise pas ce terme. Il ne s'agit pas de remplacer la fumure ou les engrais chimiques par des engrais organiques, comme dans l'agriculture biologique. Mais plutôt, on parle de biostimulants ou d'inoculations. Et il ne s'agit pas de nourrir les plantes. Avec ces préparations, l'objectif est d'inoculer le sol avec des micro-organismes pour stimuler la vie des sols. Cette vie du sol est maintenue dans la durée. Après une période d'environ 123 ans, on peut s'en passer. Les bio-inoculant ne sont plus nécessaires, mais la vie des sols continue d'être entretenue. Cette approche favorise la diversité des productions végétales au-dessus du sol.

Pour nourrir les plantes, on mise sur les exsudats racinaires et la matière organique qui se constitue dans le sol. Cependant, j'ai remarqué que dans certaines photos, on observe des paysages très proches de la monoculture, notamment avec des cultures de tomates. En revanche, dans d'autres régions, les sols sont stimulés et entretenus par une biodiversité extrême, résultant de l'agro diversité des cultures. Cette approche s'appuie sur le concept de

synergies entre les espèces, favorisant un équilibre entre bactéries et champignons. Cette diversité contribue également à la lutte contre les adventistes et autres indésirables.

Donc ma question ici, désolé d'être un peu long, c'est : est-ce que vous travaillez aussi avec le concept de « Soil Food Web » ? Cette approche semble être très différente de votre approche en termes de biofertilisants.

Réponse :

L'approche de la diversité est bien présente dans les biofertilisants et les micro-organismes.

On retrouve une grande variété de molécules dans ces préparations, notamment celles issues des micro-organismes des montagnes et d'autres environnements. Cette diversité se reflète également dans les bactéries. Cependant, notre travail ne se limite pas uniquement à cela. Nous utilisons des recettes simples pour aider les agriculteurs à réintégrer la fertilisation dans leurs pratiques.

Mais ce que je n'ai peut-être pas suffisamment expliqué, c'est que cette approche peut aller bien au-delà pour les producteurs. Lorsque nous parlons d'agroécologie, nous incluons également l'agroforesterie. Surtout dans les milieux tropicaux, comme les plantations de cacaoyers ou de café, la diversification des cultures est essentielle. Par exemple, les bananiers peuvent apporter du potassium aux cacaoyers. En plaçant des bananiers là où certains arbres de cacao dépérissent, nous créons un bénéfice à plusieurs niveaux. Ces solutions sont simples à mettre en œuvre, comme l'ajout d'ananas sous les cacaoyers pour prévenir les érosions tout en diversifiant les cultures. Souvent, nous partons de milieux qui sont très éloignés de nos rêves agroécologiques. Dans mon premier projet, nous avons 50 cultures sur notre ferme maraîchère. Ensuite, nous nous retrouvons souvent dans des contextes où les systèmes de monoculture sont en transition vers l'agroécologie ou l'agroforesterie. En Côte d'Ivoire, nous avons des densités phénoménales de cacaoyers, ce qui nécessite un basculement progressif. Le fait d'utiliser des fertilisants biologiques nous montre que cela fonctionne déjà, ce qui nous permet d'aller vers l'étape suivante. Maintenant, que pouvons-nous faire ? Souvent, après un certain temps, nous réduisons l'utilisation de ces préparations pour favoriser la diversité des cultures.

Bruno, nous sommes d'accord et Pierre le sait, n'est-ce pas ? D'ailleurs, je me sens toujours un peu gêné lorsque l'on parle de biofertilisants, car c'est précisément pour cette raison que nous avons changé de titre. Nous utilisons le terme bioproduit, car il englobe plusieurs services. Le classer dans une catégorie pourrait donner l'impression que nous remplaçons les engrais par ce bioproduit, ce qui n'est absolument pas notre objectif. De plus, il ne faut surtout pas négliger l'apport de matière organique. Nous nous posons des questions sur la fréquence à laquelle il faut réappliquer, pendant combien de temps, et à partir de quel moment nous avons restauré. Je vais maintenant passer la parole à Thibault pour la dernière question de cette présentation.

Thibaud MARTIN : Je confirme donc que les micro-organismes sont utilisés pour améliorer la diversité des organismes du sol. Il y a un besoin énorme, et cela fonctionne plutôt bien, avec de très bons retours des producteurs. Ce que je voulais savoir, c'est par rapport à votre présentation : est-ce que vous avez essentiellement présenté la protection des légumes-feuilles ? Les légumes-fruits que vous avez mentionnés étaient-ils systématiquement sous abri, sous filet anti-insectes ou peut-être sous plastique ? Je pense qu'il est également important de prendre en compte les conditions météorologiques dans vos présentations. En effet, les zones d'altitude ne sont pas comparables aux zones tropicales situées au niveau de la mer, en raison des différences d'humidité et de température. En Amérique latine, êtes-vous parvenus à produire des légumes et des fruits en plein champ uniquement avec des

préparations biologiques ? Et par rapport à la production sous abri, privilégiez-vous les cultures en plein sol et en monoculture, ou recommandez-vous plutôt de diversifier les cultures sous abri pour une protection complète ? En tout cas, pour ces légumes et fruits, nous recommandons d'utiliser des barrières physiques plutôt que de compter uniquement sur la protection en biocontrôle. La diversification des cultures est essentielle, car elle permet d'atteindre un équilibre et favorise la diversité dans les cultures. En ce qui concerne la production en plein champ en Côte d'Ivoire, Georges et ses collègues ont commencé par cultiver des tomates et d'autres légumes-fruits sans serre. Ils ont été motivés par les résultats rapides obtenus avec les préparations biologiques. Cependant, sur les cacaoyers, il faut attendre un peu plus longtemps. Certains producteurs ont également expérimenté l'utilisation de la sève dans leurs cultures maraîchères diversifiées. Maintenant, pour répondre à votre question sur la protection contre les lépidoptères et les mouches, il est vrai que le contrôle des insectes piqueurs est plus facile. Cependant, les plus gros insectes qui attaquent directement la production posent un défi supplémentaire.

Diapositive 1



Produits de biocontrôle et de biostimulation microbiens : réglementation et évaluation des risques non-intentionnels

Fabrice MARTIN-LAURENT



Innovations bioproduits à base de micro-organismes pour réduire les pesticides dans l'agriculture : potentialités et risques



Diapositive 2

Mobilisation du microbiote du sol comme un des leviers de la transition agroécologique

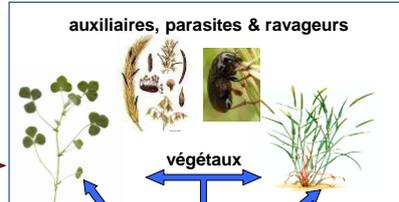
Cadre conceptuel des recherches de l'UMR Agroécologie

Pacte vert': transition agroécologique

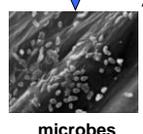


Système de culture & pratiques agricoles

auxiliaires, parasites & ravageurs



végétaux



microbes



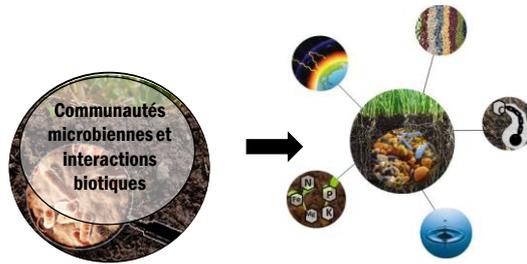
Fonctionnement des agro-écosystèmes






Diapositive 3

Mobilisation du *microbiote du sol* comme un des leviers de la transition agroécologique: MICSOL

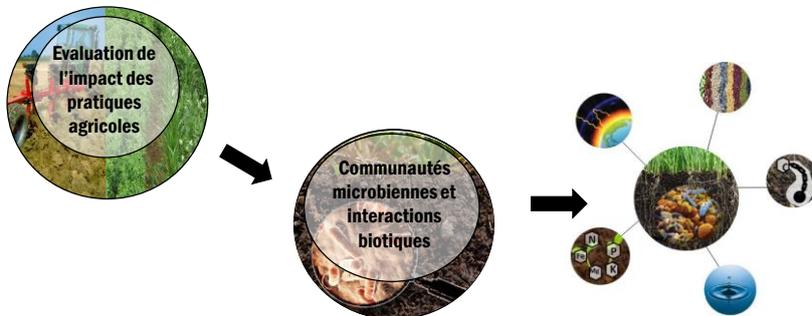


1-Compréhension de l'écologie des communautés microbiennes et des interactions biotiques en lien avec les services délivrés par les agro-écosystèmes,



Diapositive 4

Mobilisation du *microbiote du sol* comme un des leviers de la transition agroécologique: MICSOL



1-Compréhension de l'écologie des communautés microbiennes et des interactions biotiques en lien avec les services délivrés par les agro-écosystèmes,

2- Evaluation de l'impact des pratiques agricoles sur la diversité communautés microbiennes et les interactions biotiques en lien avec les services délivrés par les agro-écosystèmes



Diapositive 5

Mobilisation du *microbiote du sol* comme un des leviers de la transition agroécologique: MICSOL

Communautés microbiennes et interactions biotiques

- 1- Compréhension de l'écologie des communautés microbiennes et des interactions biotiques en lien avec les services délivrés par les agro-écosystèmes
- 2- Evaluation de l'impact des pratiques agricoles sur la diversité des communautés microbiennes et les interactions biotiques en lien avec les services délivrés par les agro-écosystèmes
- 3- Développement d'approches d'ingénierie écologique et de bioindicateurs en lien avec la performance et la durabilité des agroécosystèmes

Diapositive 6

Bioproduits à base de microbes et réglementation dans le domaine de la production agricole

1-Produits de BIOCONTROLE: Réduction d'usage des pesticides, recours au biocontrôle

Directive Européenne 2009/128/EC
Cadre d'action communautaire pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable

Utilisation de méthodes non chimiques de protection des plantes

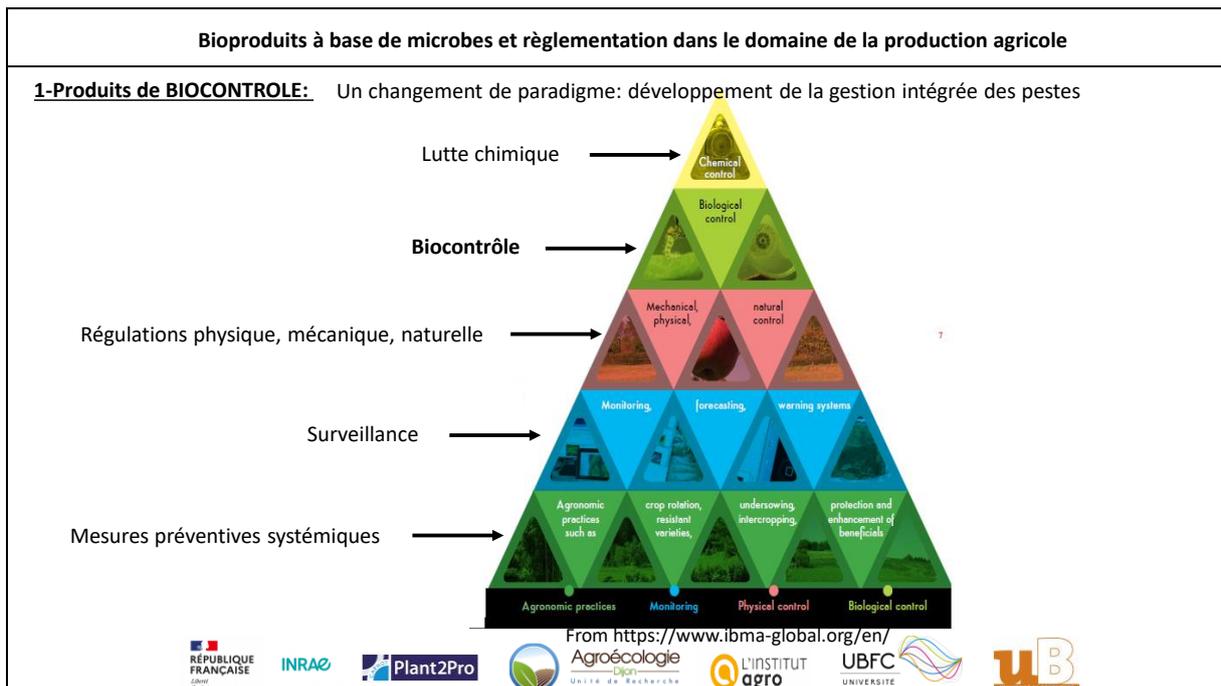
LA LOI D'AVENIR
POUR ACCROÎTRE L'AMBIENT ET LA FORÊT
DES PRATIQUES PLUS DURABLES
LE SOUTIEN AU CŒUR DE PRATIQUES INNOVANTES
PRIORITÉ À LA TRANSITION
AGRICULTURE ET SOCIÉTÉ : UN DIALOGUE RENOUVÉ

« L'Etat [...] soutient les acteurs professionnels dans le développement des solutions de biocontrôle [...] »

ÉCOPHYTO
RÉDUIRE ET AMÉLIORER L'UTILISATION DES PHYTOS

Action 1.3 : « Promouvoir et développer le biocontrôle et faciliter le recours aux préparations naturelles peu préoccupantes »

Diapositive 7



Diapositive 8

Bioproduits à base de microbes et réglementation dans le domaine de la production agricole

1-Produits de BIOCONTRÔLE: Une seule réglementation (**EU-Regulation 1107/2009/**) régulant la mise sur le marché des produits de protection des plantes (PPP) qu'il soit issue de la **synthèse chimique** ou qu'il soit d'**origine naturelle**.

3 classes principales classes de produits de biocontrôle:

- Microorganismes
- Substances naturelles d'origine minérale, végétale, ou animale
- Médiateurs chimiques (tels que les phéromones, confusion sexuelle)

Liste des produits de biocontrôle autorisés en France publiée chaque année par la DGAL du Ministère de l'Agriculture <https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-2023-240>

A noter que les **stimulateurs de défense naturelle des plantes (SDN ou SDP)** d'origine naturelles : minérale (calcite, silicate), végétale (extraits de plantes, algues, hormones), microbienne (champignons, levures, bactéries) ou d'origine synthétique : phosphonates, benzothiadiazoles, acides aminés.... Sont aussi soumis au règlement **UE/1107/2009/**

Diapositive 9

Bioproduits à base de microbes et réglementation dans le domaine de la production agricole

1-Produits de BIOCONTROLE: principaux éléments demandés au producteur dans le dossier d'homologation

- 1- Description des **propriétés physicochimiques** de la substance active, **préconisations** d'usage et mesures de protection
- 2- **Efficacité de la substance active** pour l'usage demandé (sélectivité, impact sur le rendement, effet sur la culture suivante, résistance)
- 3- **Devenir environnemental** de la substance active dans les sols (dissipation, biodégradation, transfert)
- 4- **Toxicité** de la substance active **pour l'Homme** (exposition du travailleur, exposition du consommateur (LMR, limite maximale de résidus))
- 5- **Toxicité** de la substance active pour les **organismes vivants non-cibles terrestres** (oiseaux, mammifères, plantes, abeilles, arthropodes, vers de terre, microorganismes) et **aquatiques** (daphnies).

⇒ Exemple: [avis ANSES STIFENIA](#)



Diapositive 10

Bioproduits à base de microbes et réglementation dans le domaine de la production agricole

1-Produits de BIOCONTROLE: quelques produits autorisés par la DGAL

Partie A: Produits phytopharmaceutiques de biocontrôle comprenant des micro-organismes

***Trichoderma asperellum* T34**, T34 Biocontrol, 2160492, fongicides 

Partie B: Produits phytopharmaceutiques de biocontrôle comprenant des médiateurs chimiques comme les phéromones et les kairomones

Phéromones à chaînes latérales, TUTATEC, 2200133, lepidoptères (mineuse de de la tomate) 

Partie C: Produits phytopharmaceutiques de biocontrôle comprenant des substances naturelles d'origine végétale, animale ou minérale

Extrait de Fenugrec, STIFENIA, 2050030, stimulateur des défenses naturelle (vigne) 

Partie D: Pièges à insectes

Deltamethrine (pyréthriinoïdes), CERATIPACK, 2130114 , piège à insectes  



Diapositive 11

Bioproduits à base de microbes et réglementation dans le domaine de la production agricole

1-Produits de BIOCONTROLE:
L'évaluation du risque d'une substance active synthétique est-elle adaptée aux produits de biocontrôle?

<p>Partie B: Produits phytopharmaceutiques de biocontrôle comprenant des médiateurs chimiques comme les phéromones et les kairomones</p> <p>Partie D: Pièges à insectes</p>	<p>} →</p>	Oui	<p style="text-align: center;">Biocontrol, new questions for Ecotoxicology?</p> <p style="font-size: small;">Marcel Amichot¹ · Pierre Joly² · Fabrice Martin-Laurent³ · David Siauxat⁴ · Anne-Violette Lavoie⁵</p> <p style="font-size: x-small;">Environmental Science and Pollution Research (2018) 25:3389–3390 https://doi.org/10.1007/s11356-018-3356-5</p>
<p>Partie C: Produits phytopharmaceutiques de biocontrôle comprenant des substances naturelles d'origine végétale, animale ou minérale</p>	<p>} →</p>	Non , car la substance active est souvent complexe, le mode d'action peu ou pas connue; cas particulier des minéraux (cinétique d'accumulation)	
<p>Partie A: Produits phytopharmaceutiques de biocontrôle comprenant des micro-organismes</p>	<p>} →</p>	Non , car organismes vivants pouvant se reproduire et donner une partie de son patrimoine génétique à la microflore autochtone	

Diapositive 12

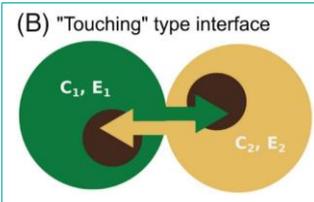
Bioproduits à base de microbes et réglementation dans le domaine de la production agricole

1-Produits de BIOCONTROLE:
L'évaluation du risque d'une substance active synthétique est-elle adaptée aux produits de biocontrôle?

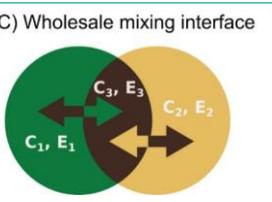
Partie A: Produits phytopharmaceutiques de biocontrôle comprenant des micro-organismes

Prise en compte du concept de coalescence de communautés

(B) "Touching" type interface



(C) Wholesale mixing interface



Mansour et al., 2018

Application of the microbial community coalescence concept to riverine networks

Biological Reviews 93, 1832-1845

Contexte de continuum:

(Communauté 1 dans Environnement 1) + (Communauté 2 dans Environnement 2)
= (Communauté 3 dans Environnement 3)









Diapositive 13

Bioproduits à base de microbes et réglementation dans le domaine de la production agricole

2-Produits de BIOSTIMULATION et MATIERES FERTILISANTES:

Jusqu'en 2022 les produits de biostimulation devaient suivre le règlement **CE 2003/2003**: dorénavant ils devront suivre le règlement **UE 2019/1009 relatif à la mise en marché des Matières Fertilisantes et Supports de Culture (MFSC)**

7 catégories de produits selon leur fonction

PFC	Description
PFC 1	Fertilisants (engrais biologique, organique / organo-minéral/ inorganique)
PFC 2	Amendement minéral basique
PFC 3	Amendement du sol
PFC 4	Support de culture
PFC 5	Inhibiteur
PFC 6	Biostimulant végétal
PFC 7	Mélange de produits fertilisants

14 catégories de Matières Constitutives (CMC)

CMC	Description
CMC 1	Substances et mélanges à base de matières vierges
CMC 2	Végétaux, parties de végétaux ou extraits de végétaux
CMC 3*	Compost
CMC 4	Digestat issu de cultures végétales
CMC 5*	Digestat autre qu'issu de cultures végétales
CMC 6	Sous-produits de l'industrie alimentaire
CMC 7**	Micro-organismes
CMC 8	Polymères nutritifs
CMC 9	Polymères autres que des polymères nutritifs
CMC 10	Produits dérivés au sens du règlement (CE) n° 1069/2009
CMC 11	Sous-produits au sens de la directive 2008/98/CE
CMC 12	Sels de phosphate précipités et dérivés (struvite)
CMC 13	Matériaux issus de l'oxydation thermique et dérivés (cendres)
CMC 14	Matériaux issus de la pyrolyse et de la gazéification (biochar)

CMC7 : 4 classes microbiennes y figurent pour l'instant *Azotobacter* spp, *Mycorhizal fungi*, *Rhizobium* spp et *Azospirillum* spp. L'article 42 du règlement prévoit l'ajout de microorganismes d'intérêt dans le futur. Cependant, à ce jour la Commission Européenne n'a pas spécifié la procédure d'inscription de nouveaux microorganismes.

Diapositive 14

Bioproduits à base de microbes et réglementation dans le domaine de la production agricole

2-Produits de BIOSTIMULATION et MATIERES FERTILISANTES:

Caractéristiques revendiquées par le producteur

Vérification des revendications

Chaque paramètre (qualité, innocuité, revendication...) pourra être mesuré par une (et une seule) norme EN harmonisée, pour donner la présomption de conformité.

Module A	Intervention d'un organisme notifié		
	Module A1	Module B+C	Module D1
<ul style="list-style-type: none"> PFC 1 à 4 et PFC 7* CMC 1, 4, 6, 7, 8 et/ou 11** 	<ul style="list-style-type: none"> PFC 1 et 7 à haute valeur azotée 	<ul style="list-style-type: none"> PFC 1 à 7* CMC 1,2, 4, 6, 7, 8, 9, 10 et/ou 11** 	<ul style="list-style-type: none"> ensemble des PFC ensemble des CMC

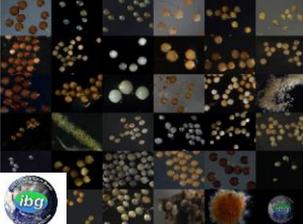
autoévaluation

Biot stimulants

* (exclusion faite des produits à haute valeur azotée pour lesquels le module A1 prévaut)
** exclusion faite des inhibiteurs

Diapositive 15

Bioproduits à base de microbes : 'success story' historique du laboratoire



International Bank of Glomales
IBiSA • Infrastructures en Biologie Santé et Agronomie

RARE
Recherches Agronomiques pour la Recherche

Cycle de travail à l'IBG



isoler des spores par tamisage humide, trier par micropipette → inoculation sur plante stérile → croissance pendant 2 ans → culture a+2 déplacé en réserve → échantillonnages, contrôles, envois

Glomus intraradices -> **Rhizophagus irregularis**
1^{er} inoculant de champignon endomycorhizien : Biorhize -> Agrauxine -> Lallemand Plant Care



800 spores/gramme d'endomycorhize, *Glomus intraradices*



4000 spores/gramme d'endomycorhize, *Glomus intraradices*



MYCOR 50



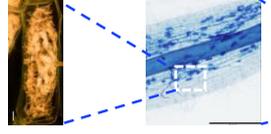
PROMIX HP
MYCORHIZE BACILLUS



Diapositive 16

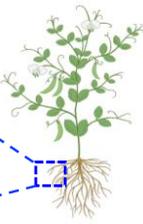
Bioproduits à base de microbes : des recherches pour développer des inoculants mycorhiziens innovants

Symbiose mycorhizienne à arbuscules (SMA)



Arbuscule Racine mycorhizée

Interface plante-CMA



Comment les communautés de CMA participent-elles à la nutrition et la santé des plantes (pérennes et annuelles) ?

✓ **Transporteurs de nutriments CMA et plante** (2,5/9,5 ETP) ✓ **Régulation fine des transporteurs** (3/9,5 ETP)

- ✓ Identification, phylogénie, structure
- ✓ Caractérisation fonctionnelle
- ✓ Distribution spatiale (R & D) 
- ✓ Communautés synthétiques
- ✓ Fonctionnement Holobionte plante
- ✓ Interactions plante - plante
- ✓ Distribution spatiale (R & D) 



Projet Indices
2023-2026
1 PhD



Projet Pioneer ?
Projet Pepsyresi ?
2024-2026
2 IE



Projet Agriverse ?
2024-2026
1 Post-doc



Projet Reeves
2024-2026
1 PhD

Diapositive 17

Bioproduits à base de microbes : 'success story' historique du laboratoire



INOCULUM LIQUIDE POUR SEMENCES DE SOJA

RhizoFlo® Soja

Pour gagner des quintaux

INRAE de Dijon

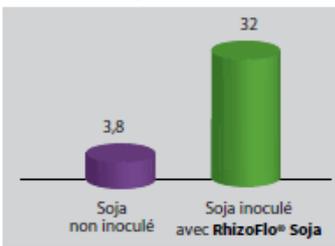
Inoculation du soja par *Bradyrhizobium japonicum* souche G49 (pour mémoire en France 186 000 hectares sont cultivées en soja pour 490 000 tonnes produites, données 2020)

RhizoFlo® Soja
Pour gagner des quintaux

CARACTÉRISTIQUES:

- Bactérie: *Bradyrhizobium japonicum*
- Souche: G49, sélectionnée et contrôlée par l'INRA de Dijon
- Recherche enregistrée: 1x10⁸ germes par ml de préparation bactérienne
- Autorisation de mise sur le marché en France: N° 1020021
- Support: Inoculum liquide

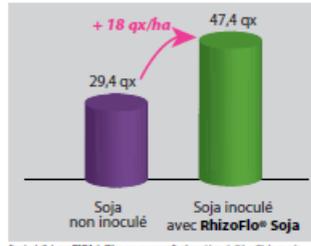
Nombre de nodosités sur les racines de soja (4 essais annuels)



Traitement	Nombre de nodosités
Soja non inoculé	3,8
Soja inoculé avec RhizoFlo® Soja	32

Essais réalisés par l'INRA de Dijon sur une parcelle n'ayant jamais été cultivée en soja

Rendement de la production de soja



Traitement	Rendement (qx)
Soja non inoculé	29,4
Soja inoculé avec RhizoFlo® Soja	47,4

Essais réalisés par l'INRA de Dijon sur une parcelle n'ayant jamais été cultivée en soja



REPUBLIQUE FRANÇAISE



INRAE



Plant2Pro



Agroécologie Dijon
Unité de Recherche



L'INSTITUT agro



UBFC
UNIVERSITÉ BOURGOGNE-FRANCHE-COMTE



UB
UNIVERSITÉ DE BOURGOGNE

Diapositive 18

Bioproduits à base de microbes : 'success story' historique du laboratoire

Valorisation: contrat de licence INRAE Transfert avec l'industriel:

L'UMR Agroécologie fournit la souche pure à l'industriel

L'industriel produit l'inoculant microbien et l'envoie à l'UMR Agroécologie pour contrôle qualité

L'UMR Agroécologie vérifie:

- La pureté de l'inoculant
- L'efficacité de l'inoculant par des essais contrôlés conduits en serre (nombre de nodosités par racine)
- L'efficacité de l'inoculant par des essais contrôlés conduits en plein champs (rendement des cultures de soja)

L'UMR Agroécologie envoie un rapport à l'Industriel qui peut alors mentionné sur l'inoculant que le produit a été vérifié par l'INRAE



REPUBLIQUE FRANÇAISE



INRAE



Plant2Pro



Agroécologie Dijon
Unité de Recherche



L'INSTITUT agro



UBFC
UNIVERSITÉ BOURGOGNE-FRANCHE-COMTE



UB
UNIVERSITÉ DE BOURGOGNE

Diapositive 19

Bio produits à base de microbes : d'autres inoculants bactériens en cours de développement



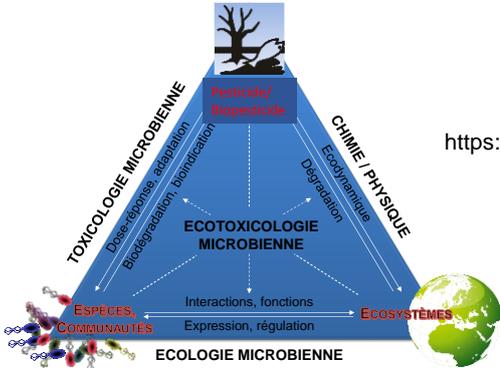
Développement d'un inoculant à base *Rhizobium* spp pour la culture de pois chiche en France





Diapositive 20

Bioproduits à base de microbes : des recherches en écotoxicologie microbienne pour les tracer et évaluer leurs impacts





<https://ecotoxicomic.org/>



(i) le rôle des microorganismes et des fonctions microbiennes dans la dynamique des pesticides

(ii) Impacts des pesticides sur les micro-organismes et les fonctions microbiennes

Éditorial

Réseau international d'écotoxicologie microbienne Ecotoxicomic
<https://ecotoxicomic.org/>

Microbial ecotoxicology: an emerging discipline facing contemporary environmental threats



Diapositive 21

Bioproduits à base de microbes : besoin de nouveaux standard pour tracer et évaluer leurs impacts

Standardisation of methods in soil microbiology: progress and challenges
Laurent Philippot¹, Karl Ritz², Pascal Pandard³, Sara Hallin⁴ & Fabrice Martin-Laurent^{1,5}
¹INRAE, UR1147 Agroécologie, Orléans, France; ²Department of Environmental Science and Technology, School of Applied Sciences, National Soil Resource Institute, Cranfield University, Cranfield, UK; ³INRAE, Parc Technologique ALATA, Versailles ar Hallats, France; ⁴Department of Microbiology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden; and ⁵Natureza Agro-Environment, Orléans, France

Diversité
 ► *29843 (-1, -2, 2010): Analyse des acides phospholipidiques (PLFA) et des ether phospho-lipides (PEL)

Integrated Environmental Assessment and Management – Volume 14, Number 4 – pp. 463-474
 Received 29 September 2007 | Received for Review 14 November 2007 | Accepted 26 March 2008

Critical Review

Standard Methods for the Assessment of Structural and Functional Diversity of Soil Organisms: A Review
Jörg Römcke, ^{*}Jeanette Bernard, and Fabrice Martin-Laurent

Abondance

- 14240 (-1, -2, 1997): Biomasse microbienne des sols (RIS et/ou fumigation)
- *16072 (2002): Respiration microbienne des sols
- 17155 (2002): Abondance et activité microbiennes (courbes de respiration)
- *11063 (2011): Extraction directe de l'ADN des sols
- *17601 (2016): Abondance de groupes microbiens par qPCR

* AFNOR leadership

Activité

- 14238 (1997): Minéralisation de l'azote et nitrification dans les sols
- * 14239 (1997, 2017): Minéralisation de composés organiques
- 15685 (2004): Nitrification potentielle et inhibition de la nitrification
- 23753 (-1, -2, 2005): Activité déshydrogénase des sols (TTC et INT)
- 22939 (2010): Profils d'activités enzymatiques des sols (fluorimétrie)
- 18187 (2016): Activité déshydrogénase d'*A. globiformis*
- *20130 (2016): Profils d'activités enzymatiques des sols (colorimétrie)
- *20131 (-1, -2, 2016): Dénitrification dans les sols (émission N₂O)

Diapositive 22

Bioproduits à base de microbes : besoin de nouveaux standards pour tracer et évaluer leurs impacts

ISO/TC 190/SC 4/WG 4 N 451 Liste de critères pour la sélection d'indicateurs des fonctions microbiennes (J Römcke and BM Wilke)

ISO/TC 190/SC 4/WG 4 N 4 Identification des indicateurs fonctionnels (et des méthodes pour les mesurer) les plus appropriés à l'évaluation de fonctions écosystémiques des sols (BM Wilke)

Identification of new microbial functional standards for soil quality assessment
Sören Thiele-Bruhn^a, Michael Schloter^b, Berndt-Michael Wilke^a, Leo A. Beusink^a, Fabrice Martin-Laurent^a, Nathalie Chouvatou^a, Christian Mougou^a, and Jörg Römcke^a
SOIL, 6, 17–24, 2020
 https://doi.org/10.1016/j.soil.2020.06.001
 © Author(s) 2020. This work is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.

⇒ **Perspectives** : développement de package de méthodes pour mesurer l'abondance, la diversité et l'activité de guildes microbiennes fonctionnelles supportant des services écosystémiques des sols (cycle de l'azote, filtration,...)

➔ **Towards a better pesticide policy for the European Union**

Veronika Storck ^a, Dimitrios G. Karpouzias ^b, Fabrice Martin-Laurent ^{a,*}

^a Agroécologie, Agr oSup Dijon, INRA, Univ. Bourgogne Franche-Comté, Dijon, France
^b University of Thessaly, Department of Biochemistry and Biotechnology, Pezomatos 26 and Aikioiu, 41221 Larissa, Greece

Science of the Total Environment 575 (2017) 1027–1033

Diapositive 23

Bioproduits à base de microbes : vers une nouvelle réglementation sur les PPPs

- **Réglementation CE 1107/2009 pour l'autorisation de la mise sur le marché des PPPs; évaluation *a priori* du risque environnemental des PPPs :**

- Evaluation de l'impact de la matière active sur les microorganismes du sol: minéralisation de l'azote [OCDE 216] et du carbone [OCDE 217]

- Tests globaux pas assez sensibles pour évaluer l'impact écotoxicologique des PPPs sur les communautés et les fonctions supportant les services écosystémiques des sols



Diversité

Abondance

Activité





Soil

Pesticides Microorganismes des sols Services écosystémiques

Martin-Laurent et al. (2013) Environ. Sci. Poll. Res. 20: 1203-1205



Diapositive 24

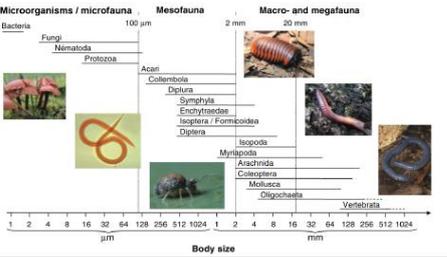
Bioproduits à base de microbes : vers une nouvelle réglementation sur les PPPs

SCIENTIFIC OPINION

2017

ADOPTED: 15 December 2016
doi: 10.2903/j.efsa.2017.4690

Scientific Opinion addressing the state of the science on risk assessment of plant protection products for in-soil organisms



Issu de l'EFSA Journal 2017;15(2):4690

Vers une révision de la réglementation CE 1107/2009 pour l'autorisation de la mise sur le marché des PPPs ?

▷ **EFSA a proposé dans une opinion scientifique:** une série 'd'endpoints' pour l'évaluation du risque a priori des matières actives sur les organismes non-cibles du sol

- Pour les **microorganismes du sol :**

- (i) **Cycle de l'azote (en ciblant la nitrification)**
- (ii) **Champignons endomycorhiziens (symbionte obligatoire des plantes supérieures)**




Diana Wall

Consultation publique 'Les experts du GSBi saluent l'initiative de l'EFSA mais indiquent que les endpoints proposés ne sont pas suffisants pour protéger les fonctions écosystémiques des sols'



Diapositive 25

Bioproduits à base de microbes : vers une nouvelle réglementation sur les PPP

Projet Européen MARIE-CURIE ARISTO
 Former la prochaine génération d'écotoxicologistes des sols pour évaluer l'écotoxicité des pesticides vis-à-vis des microorganismes du sol (MSCA – ITN – EID – H2020).
<https://aristo.bio.uth.gr/>

Discussion sur la prise en compte du microbiome dans l'ERA des PPP

Frederic Deboe
 CRA Wallonie

Marco Pautasso
 EFSa

Dimitrios G. Karpouzas*, Zisis Vryzas and Fabrice Martin-Laurent
Pesticide soil microbial toxicity: setting the scene for a new pesticide risk assessment for soil microorganisms (IUPAC Technical Report)
https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2822-0305
 Revised February 3, 2022; accepted September 16, 2022

Dimitrios Karpouzas

Diapositive 26

Bioproduits à base de microbes : besoin de nouvelles réglementations sur les PPP

Public Agencies and Actors

Pesticide Policies

Input suppliers → Farmers → Food Industry → Consumers

New Technologies and Inputs → Sustainable Farming → New Processes and Labels → Demand and Preference Shifts

Implication des réglementations sur les produits phytosanitaires sur les acteurs de la chaîne de valeur de 'l'agriculture à l'alimentation'

Pathways for advancing pesticide policies
Niklas Möhring^{1,2}, Karin Ingold^{1,2}, Per Kudsk^{3,4}, Fabrice Martin-Laurent⁵, Urs Niggli⁶, Michael Siegrist⁷, Bruno Studer⁸, Achim Walter⁹ and Robert Finger¹⁰

Vision holistique des différents processus et de leurs interactions sur la définition de nouvelles réglementations sur les PPP

Olivier Husson, Cirad

INTERET DES MICROORGANISMES POUR LA REGULATION DES CONDITIONS EH-PH DES SOLS ET IMPACTS SUR LA NUTRITION ET LA SANTE DES PLANTES

Diapositive 1



LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
POUR LE DEVELOPPEMENT



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE
*Liberté
Égalité
Fraternité*

Intérêt des microorganismes pour la régulation des conditions Eh-pH des sols et impacts sur la nutrition et la santé des plantes

Olivier Husson
CIRAD/PERSYST/AIDA Equipe PROSE

CTS SantéS, Projet Santé des plantes et initiative Pretag
Innovations bioproduits à base de micro-organismes pour réduire les
pesticides dans l'agriculture : potentialités et risques
Montpellier, 16 février 2024

Diapositive 2



Olivier Husson



Pourquoi le potentiel REDOX (REDuction-OXYdation)?

L'oxydation en chimie vs biologie



Albert Szent-Györgyi
Prix Nobel de Physiologie
1937
Fondateur de la
bioénergétique

« La vie est un petit courant électrique entretenu par le soleil »

De l'eau qui perd des électrons => de l'oxygène est des protons
 $2 H_2O - 4 e^- \Rightarrow O_2 + 4 H^+$
 Neutralité électrique: $pe+pH=14$

Une multitude de processus chimico-physiques et biologiques sont conditionnés par, ou impactent, ces conditions pH-Eh (-CE-temp)

$6 CO_2 + 6 H_2O + hv \text{ (énergie)} \Rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6 O_2$
 $hv + 2n H_2O \Rightarrow 4n H + n O_2$
 $4n H + n CO_2 \Rightarrow C_nH_{2n}O_n + nH_2O$

Utiliser ces diagrammes pH-Eh comme « arrière-plan » pour comprendre ces processus, montrer l'omniprésence des microorganismes dans une approche « santé unique »

« Disponibilité » des électrons (e⁻) = le niveau d'oxydation
 Plante = pile à Hydrogène

« Disponibilité » des protons (H⁺)

P = 1 atm.
t = 25°C

Diapositive 3

Les conditions Eh-pH des sols impactent la nutrition et l'homéostasie Eh-pH des plantes ⇔ Plantes+microorganismes modifient Eh-pH du sol

How soil pH affects availability of plant nutrients

Optimum soil pH range: 6.2 7.3

Diagramme de Pourbaix

Coût énergétique!

Effet « boule de neige »

Pourbaix, M.J.N. 1945. Thermodynamique des solutions aqueuses diluées. Représentation graphique du rôle du pH et du Potentiel. PhD Thesis Delft.

Figure 3: Iron deficiency-induced changes in the rhizosphere of cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) (see Marschner et al., 1982 for further details of the method). A - increase in the capacity of roots to reduce Fe³⁺ by a plasma membrane-bound reductase. Roots were embedded in agar with Fe³⁺EDTA and BPDS (4,6-di(4-phenylsulfate)1,10-phenanthroline). Left, control plant (Fe sufficient); right, Fe deficient plant with formation of red colored Fe³⁺(BPDS) around the apical root zones. B - increase in the capacity of roots to acidify the rhizosphere from enhanced H⁺ net extrusion. Roots were embedded in agar with bromocresol purple and a complete nutrient solution at pH 6.0 (N as nitrate was used). Left, control plant (Fe sufficient); right, Fe deficient plant with distinct acidification of the rhizosphere (yellow areas pH 4.0) around apical root zones. Bar = 1 cm.

Marschner et al, 1986

Diapositive 4

Les conditions Eh-pH des sols impactent la nutrition et l'homéostasie Eh-pH des plantes ⇔ Plantes+microorganismes modifient Eh-pH du sol

pH

Corn – 3 wks **Wheat – 2 wks**

NO₂-N NH₄-N Without With
200 kg N per ha Nitrification inhibitor (DCD)

Marschner et al, 1986

Déséquilibre du sol => déséquilibre de la plante (carences induites Fe, Mn en particulier)
 Déséquilibre pH selon la forme d'azote minéral
 La régulation du pH (et pas que!) se fait par des pompes H⁺ - ATP qui consomment de l'énergie (oxydation) 4

Diapositive 5

Les conditions Eh-pH des sols impactent la nutrition et l'homéostasie Eh-pH des plantes ⇔ Plantes+microorganismes modifient Eh-pH du sol

Les « roues Redox »

Chaque organisme vivant se développe dans des conditions Eh-pH spécifiques

Figure 4.16. Description schématique du cycle de l'azote en relation avec l'état redox. Entre parenthèses figure l'état d'oxydation de l'espèce. Les flèches à gauche figure indiquent le sens des processus de réduction et d'oxydation. D'après McBride, 1994 ; Richardson, 2000.

ANAMMOX : oxydation anaérobie de l'ammonium (*Anaerobic Ammonium Oxidation*).

5

Diapositive 6

Conditions Eh-pH optimales de développement des bioagresseurs

“Guerre” redox pour contrôler le milieu

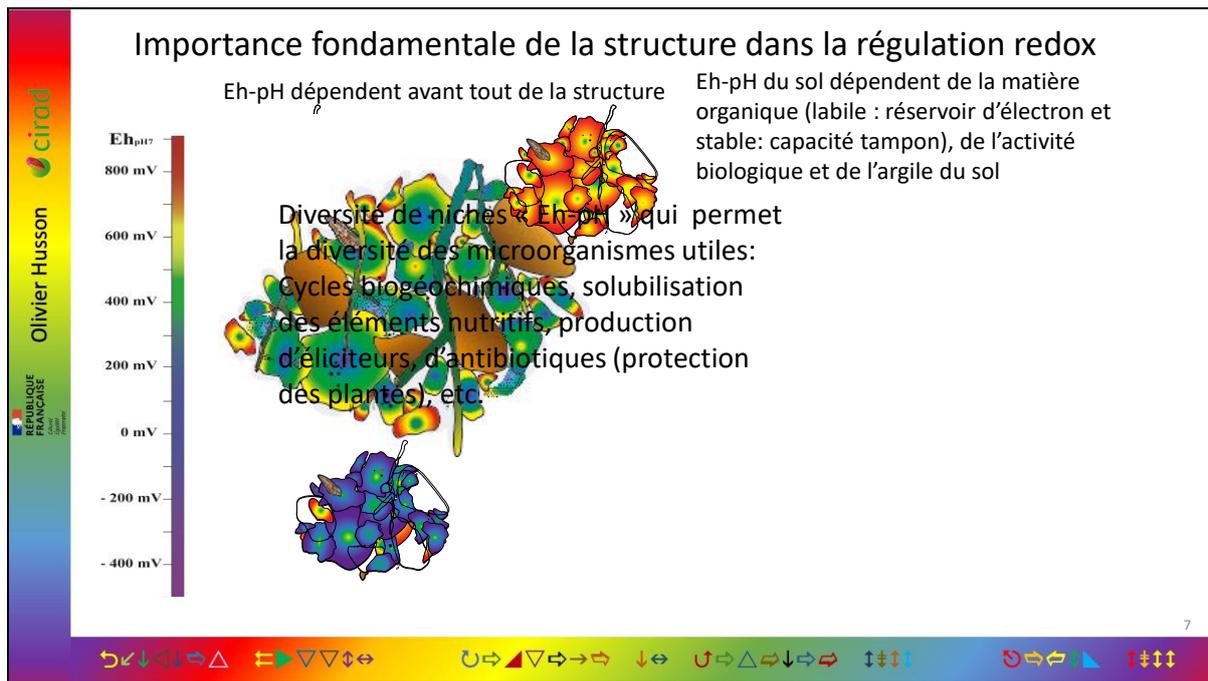
Reconnaissance, pénétration, éléments nutritifs, contrôle (pré-transcription, post-transcription, épigénétique, etc...)

+ Conductivité électrique et température

Les plantes malades/attaquées sont des plantes oxydées, qui manquent d'énergie pour se défendre

6

Diapositive 7



Diapositive 8

Comment les plantes utilisent les microorganismes pour réguler le milieu

⇒ Moyen terme = Restructuration : régulation/tampon redox-pH-CE; réserve en eau, etc): Mobilisation des microorganismes et de la méso-macrofaune

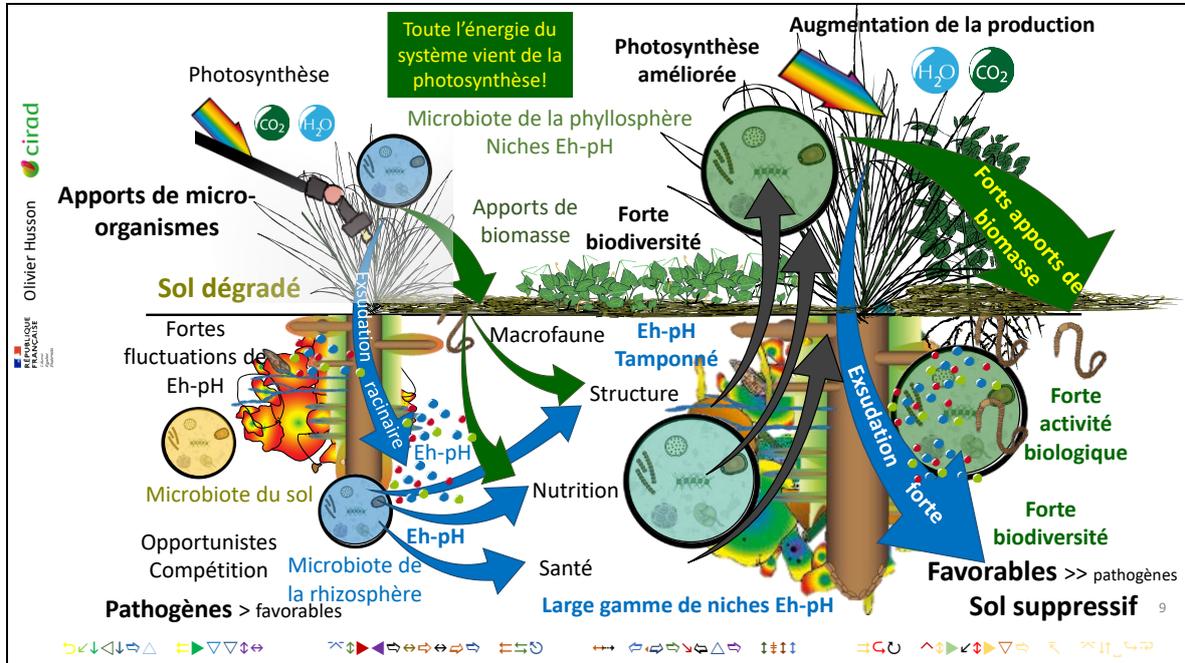
- * agrégation et stabilisation (glomaline, sucres, colles, création de micropores par les mouvements, etc...)
- * création-maintien de niches « Eh-pH » (biofilms), en particulier en anaérobie

⇒ Court terme = Maintien des plantes en conditions défavorables aux bioagresseurs: apports d'énergie, nutrition et protection des plantes

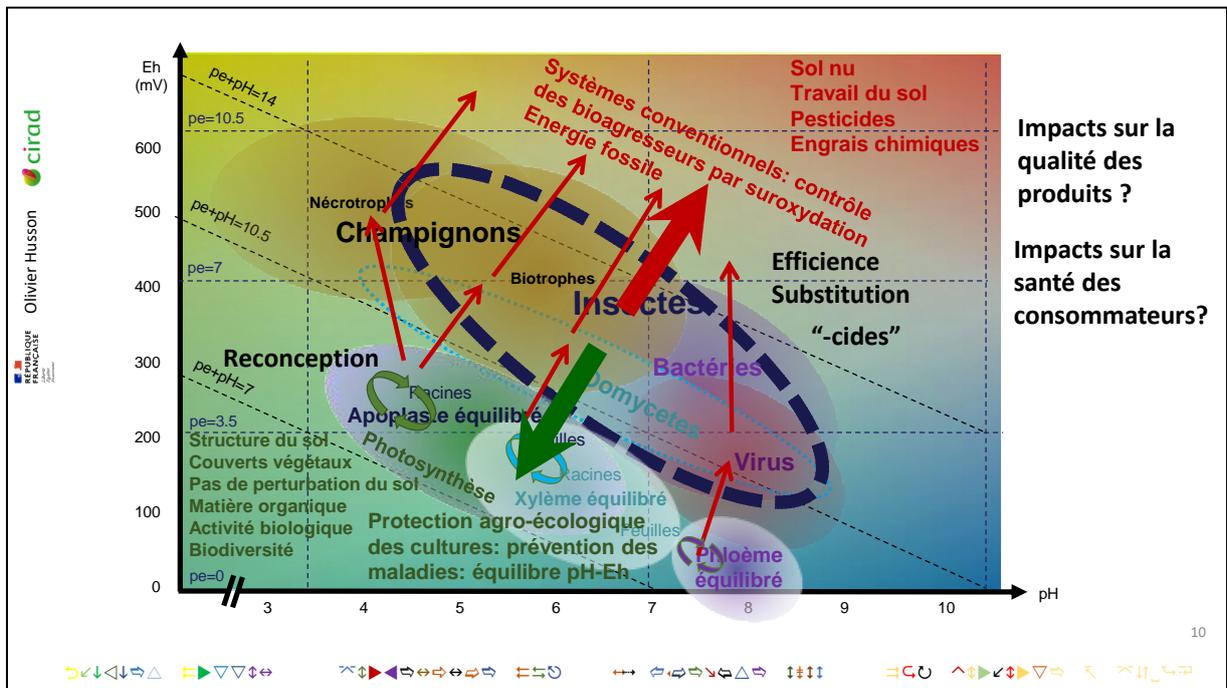
Mobilisation d'une diversité de microorganismes : forte capacité de régulation pH-Eh, apports d'éléments nutritifs sous forme absorbable et réduite, production de molécules d'intérêt

⇒ Amélioration de la photosynthèse indispensable à la nutrition des microorganismes

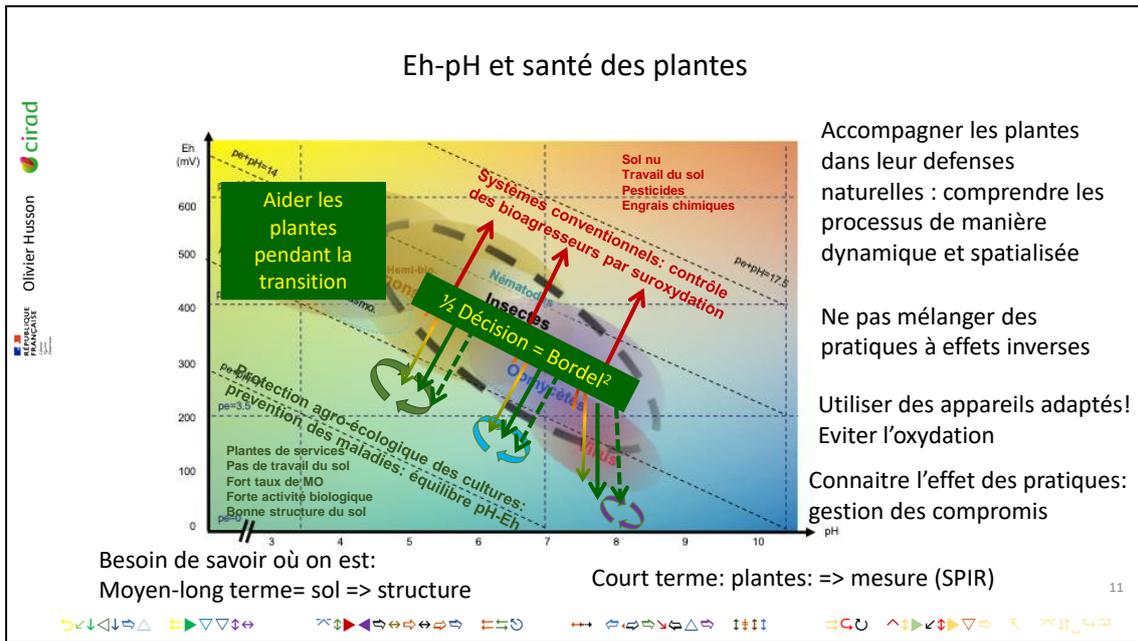
Diapositive 9



Diapositive 10



Diapositive 11



Diapositive 12

Plant Soil (2013) 362:309–417
DOI 10.1007/s11104-012-1429-7

REVIEW ARTICLE

Redox potential (Eh) and pH as drivers of soil/plant/microorganism systems: a transdisciplinary overview pointing to integrative opportunities for agronomy

Olivier Husson
Plant Soil
<https://doi.org/10.1007/s11104-012-1429-7>

REVIEW ARTICLE

Soil and plant health in relation to dynamic sustainment of Eh and pH homeostasis: A review

Olivier Husson · Jean-Pierre Sarthou · Lydia Bousset · Alain Ratmadass · Hans-Peter Schmidt · John Kempf · Benoît Husson · Sophie Tingry · Jean-Noël Aubertot · Jean-Philippe Degline · François-Régis Goebel · Jay Ram Lamkhane

Animal 16 (2022) 190543

Contents lists available at ScienceDirect

Animal
The international journal of animal biosciences

ELSEVIER

Review: Implication of redox imbalance in animal health and performance at critical periods, insights from different farm species

D. Durand^{1,2}, A. Collin³, E. Merlot⁴, E. Baéza⁵, L.A. Guilloteau⁶, N. Le Floch⁷, A. Thomas⁸, S. Fontagné-Dicharry⁹, F. Gondret¹

Plantes

Animaux

Tube digestif = racine invaginée

C'est le microbiote qui « digère », solubilise les éléments nutritifs

Absorption sur larges surfaces d'échanges (villosités, etc.)

ANTIOXIDANTS & REDOX SIGNALING
Volume 25, Number 14, 2021
Mary Ann Liebert, Inc.
DOI: 10.1089/ars.2021.0017

AIMS (OPEN) Therapeutics

FORUM REVIEW ARTICLE

COVID-19: A Redox Disease—What a Stress Pandemic Can Teach Us About Resilience and What We May Learn from the Reactive Species Interactome About Its Treatment

Andrew F. Cumpstey^{1,2}, Anna D. Clark^{1,2}, Jérôme Santolini³, Alan A. Jackson⁴, and Martin Feilisch^{1,2,1}

12

cirad

Olivier Husson

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Un modèle de fonctionnement du vivant simple et élégant

Quelques principes très simples, mais universels et fondamentaux, très intégrateurs

Gradients, flux, signaux, échanges de protons et d'électrons sont au cœur du fonctionnement énergétique de tous les êtres vivants

Chaque organisme/organite vivant fonctionne à des niveaux Eh-pH spécifiques

Photosynthèse : pilier de la santé des écosystèmes

Les microorganismes sont très impactés par, et ont une forte capacité à réguler les conditions Eh-pH du milieu => les plantes et les animaux ont « appris » à les utiliser

Création de ponts entre disciplines et échelles pour une approche «santé unique »

Microorganisms as the conduit of one health components and soil microbiomes as the microbial reservoir

Banerjee and van der Heijden, 2022. « Soil microbiome and one health », Nature reviews, microbiology

13

DISCUSSION

Remi : il y a en effet sur conditions d'application ? Je pense que c'est quelque chose qui est très important, qui est peu étudié aujourd'hui, et notamment sur le phénomène tampon qu'on a un petit peu sur le redox dans ces préparations. Prenons l'exemple d'un extrait fermenté de plantes qui est fait avec de l'eau. Cette eau va être réduite, mais elle s'oxyde très facilement. La question, je pense, qui devrait être étudiée sérieusement, c'est : **est-ce qu'avec ces préparations, justement acides et réduites avec des gros effets tampon, on a la capacité d'obtenir de meilleurs résultats sur les applications foliaires, notamment ?**

Husson : "Oui, pour moi, c'est clairement ce côté tampon qui est l'une des choses les plus importantes. On le retrouve dans plein de domaines, notamment en vinification. Les vignerons savent que lorsque les raisins ont cette capacité à tamponner, la vinification est plus facile à gérer. Donc effectivement, si on prépare une solution qui serait oxydée dès le départ, on aura du mal à la conserver et à la pulvériser. Les effets, forcément, seront inférieurs. La capacité de tampon est très importante dans tout cela. Quant à la pulvérisation avec une pression de 2 bars, je ne pensais pas que cela tuerait les micro-organismes. Oui, à partir de balles. Enfin, ce n'est pas seulement la pression en elle-même, mais toutes les conditions qui vont être créées autour. Il y aura des turbulences derrière, et plus les gouttes tourneront, plus elles s'oxyderont. Plus elles seront fines, plus elles sécheront rapidement et s'oxyderont."

Remi : "En somme, il y a tout un processus. Mais même globalement, je ne sais pas, tu n'as peut-être pas d'expérience là-dessus."

Husson : "Mettre 2 bars, ça me paraît être une limite à ne pas dépasser. Et puis l'utilisation d'un atomiseur serait une catastrophe. Et si on pulvérisait sous atmosphère inerte, par exemple avec de l'azote ?"

Remi : "Alors ça pourrait fonctionner. Après tout, le champ n'est pas sous azote, donc à partir du moment où la solution arrive dans l'air, plus elle tourne, plus les gouttes deviennent fines et plus elles s'oxydent rapidement."

Sorith Hou (Royal Un.of Agriculture) , L.Temple, R. Ducrot (Cirad), S.Nguong, L. Ngang (Ecosystem Services and Land Use Research Center),

MICROORGANISM-BASED INNOVATION PROCESS : AGRICULTURAL BIO-INPUTS IN CAMBODIA

Diapositive 1

Microorganism-based innovation process: agricultural bio-inputs in Cambodia

Sorith HOU^{a,*}, Ludovic TEMPLE^b, Raphaelae DUCROT^c, Samnang NGUON^a, Linna GNANG^d

^a Graduate School, Royal University of Agriculture, P.O. Box 2696, 12401-Dangkor, Phnom Penh, Cambodia
^b Cirad, UMR Innovation, ^c Cirad, UMR Geau, RUA
^d Ecosystem Services and Land Use Research Center (ECOLAND), Graduate School, Royal University of Agriculture, P.O. Box 2696, 12401-Dangkor, Phnom Penh, Cambodia

* Corresponding email: housorith@gmail.com

សហការរៀបចំដោយ | Co-Organized by



សហការឧបត្ថម្ភថវិកាដោយ | Financed by



Diapositive 2

Agroecological Transition in Cambodia



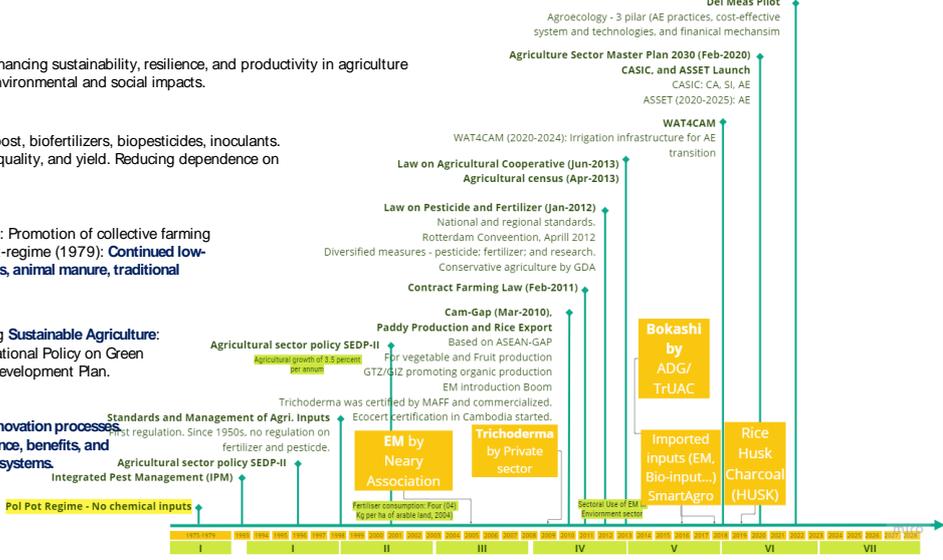
Agroecological transition: Enhancing sustainability, resilience, and productivity in agriculture while minimizing negative environmental and social impacts.

Affordable and diverse: compost, biofertilizers, biopesticides, inoculants. Improving soil fertility, crop quality, and yield. Reducing dependence on synthetic chemicals.

Khmer Rouge regime (1975): Promotion of collective farming and organic agriculture. Post-regime (1979): **Continued low-input farming with local seeds, animal manure, traditional knowledge.**

Laws and policies supporting **Sustainable Agriculture:**
 Law on Agricultural Land, National Policy on Green Growth, National Strategic Development Plan.

Lack of documentation on innovation processes. Insufficient data on performance, benefits, and challenges of agroecological systems.

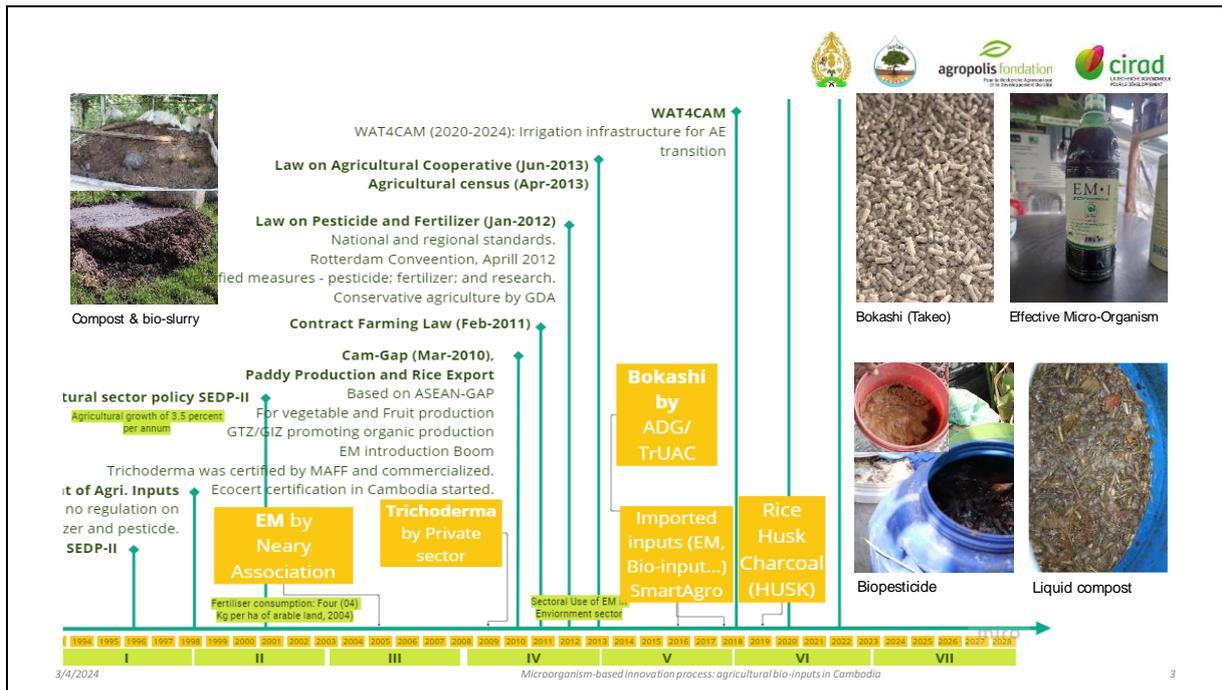


Timeline Key Events:

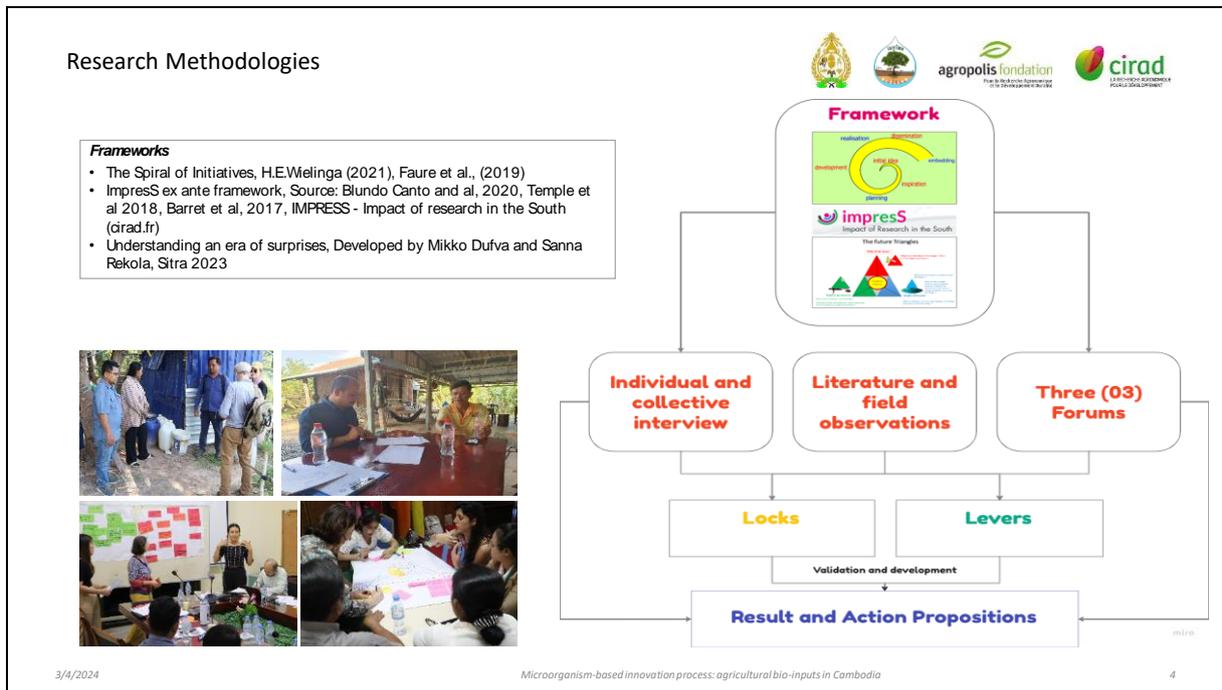
- 1975: Khmer Rouge regime (1975): Promotion of collective farming and organic agriculture.
- 1979: Continued low-input farming with local seeds, animal manure, traditional knowledge.
- 1990s: Lack of documentation on innovation processes. Insufficient data on performance, benefits, and challenges of agroecological systems.
- 2000: Agricultural sector policy SEDP-II Integrated Pest Management (IPM).
- 2004: Fertilizer consumption Four (04) Kg per ha of arable land, 2004.
- 2005: Standards and Management of Agri. Inputs. First regulation. Since 1950s, no regulation on fertilizer and pesticide.
- 2006: Trichoderma was certified by MAFF and commercialized. Ecocert certification in Cambodia started.
- 2007: EM by Neary Association.
- 2008: Trichoderma by Private sector.
- 2010: Cam-Gap (Mar-2010). Paddy Production and Rice Export. Based on ASEAN-GAP. For vegetable and Fruit production. GTZ/IZI promoting organic production. EM introduction Boom.
- 2011: Contract Farming Law (Feb-2011).
- 2012: Law on Pesticide and Fertilizer (Jan-2012). National and regional standards. Rotterdam Convention, April 2012. Diversified measures - pesticide; fertilizer; and research. conservative agriculture by GDA.
- 2013: Law on Agricultural Cooperative (Jun-2013). Agricultural census (Apr-2013).
- 2014: WAT4CAM (2020-2024): Irrigation infrastructure for AE transition.
- 2020: Agriculture Sector Master Plan 2030 (Feb-2020). CASIC, and ASSET Launch. CASIC: CA, SI, AE. ASSET (2020-2025): AE.
- 2021: WAT4CAM.
- 2022: Bokashi by ADG/TrUAC.
- 2023: Imported inputs (EM, Bio-input... SmartAgro).
- 2024: Rice Husk Charcoal (HUSK).

Microorganism-based innovation process: agricultural bio-inputs in Cambodia

Diapositive 3



Diapositive 4



Diapositive 5

Research Methodologies

Study Sites

- The study were targeting the bio-input innovative process to the national level while we selected 02 provinces for field observation i.e. Takeo and Kampong Chhnang.

Actor System

- We conducted in-dept interviewed with key actors in the system across functional institutions including farmers, farmer organizations, enterprises, NGOs, researchers from development partners national and international and public institution..

Actor	Numbers
Enterprises	6
Farmer organizations	7
International scientific research	6
National scientific research	7
NGOs/Certification	10
Public institution	4
Farmers	15
Total	55

dissemination

embedding

realisation

initial idea

development

inspiration

planning

Department of Agricultural Land Resource Management / GDA
 Department of Horticultural Crops, GDA
 Cambodian Agricultural Research and Development Institute (CARDI)
 ADG/ UN4COOP
 EM (Neary Khmer Association/AMRO)
 Agricultural Cooperatives
 Farmer and Nature Net (FNN)
 CDAAA - Cambodian Organic Agriculture Association
 Sustainable Soil for Life Association (SSLA)
 GIZ ALISEA/GRET
 HEKS DCA
 Agronome et V&Hirinaires Sans Frontières (AVSF)
 Union of Agricultural Cooperatives (PMUAC, TUAC)
 Amru Rice Group
 EDCERT
 SOA/Bayon Heritage
 East-West Seeds
 Smart Agro
 Husk Venture (biochar et produits dérivés)

Cirad
IRD
Faculty of Agronomy (RIA)
Faculty of Agro-Industry (RIA)
CESAIN Research Center
Graduate School of RIA and ECOLAND Research Center
Faculty of engineering and bio resources
Faculty of Agriculture and Food Processing, University of Battambang

3/4/2024
Microorganism-based innovation process: agricultural bio-inputs in Cambodia
5

Diapositive 6

Main Findings

3/4/2024
Microorganism-based innovation process: agricultural bio-inputs in Cambodia
6

Diapositive 7

Different interests among stakeholders of bio-inputs

- According to field observation and farmer interview, we could conclude that there were **limited types and amount of bio-input used in the study areas.**
- **The AC played an important role as facilitator in the production and application of agricultural bio-inputs** through production, consumption, distribution and trade. ACs worked closely with either NGOs or enterprise in promoting the agri-bio-inputs production and application.
- **Farmers and companies seem to have similar characteristics on the types of agricultural biological inputs.** Farmers' production could not fulfill their needs. The company also plays a key role in the supply of semi-finished bio-inputs, finished products and non-biological inputs (complementary).
- **Researchers are likely to focus on land / liquid compost and natural pesticides, biogas plant waste and Trichoderma, which are new technologies, but do not seem to be researching and developing on Bokashi or EM.**



Table: Current activities relating with agri. Bio-inputs: Different stakeholders of bio-inputs

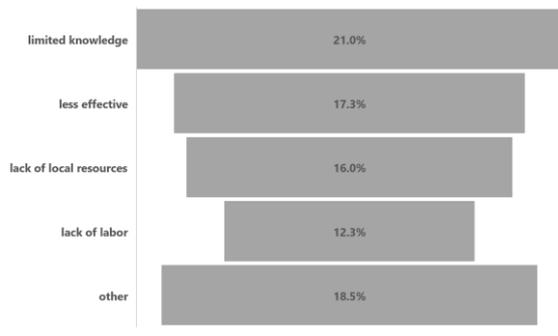
Type of Respondent	Bokashi	EM	Compost	Liquid Compost	Biopesticide	(Bio-gas, Tricoderma)
NGOs	20.0%	40.0%	80.0%	10.0%	60.0%	
Agri. Cooperative (AC)	100%	100%	100%	100%	100%	
Researcher (intern & national RUA,...)	28.6%	28.6%	71.4%	71.4%	71.4%	
Enterprise	20.0%	20.0%	80.0%	20.0%	40.0%	
Farmers	20.0%	10.0%	80.0%	20.0%	20.0%	

3/4/2024
Microorganism-based innovation process: agricultural bio-inputs in Cambodia
7

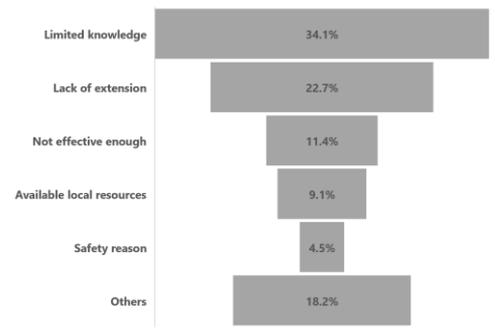
Diapositive 8

Locks in the use of knowledge on microorganisms in farmers' practices





Lock	Percentage
limited knowledge	21.0%
less effective	17.3%
lack of local resources	16.0%
lack of labor	12.3%
other	18.5%



Lock	Percentage
Limited knowledge	34.1%
Lack of extension	22.7%
Not effective enough	11.4%
Available local resources	9.1%
Safety reason	4.5%
Others	18.2%

3/4/2024
Microorganism-based innovation process: agricultural bio-inputs in Cambodia
8

Diapositive 9

Local bio-inputs, low demand; affordable prices, outcompeting chemical imports in agriculture.

With different local materials, **different type of bio-input or natural fertilizer produced and commercialized** for the local demand even the demand remained low. **Its unit price remained low comparing** to that of chemical (imported products).



Types of fertilizer	Date	Unit (kg/bag)	Local Price (USD/unit)	Local Price (USD/kg)
TrUAC bokashi fertilizer (pellets, operated by AC)	1-Dec-23	25	\$ 8.75	\$ 0.35
TrUAC bokashi fertilizer (powder, operated by AC)	1-Dec-23	25	\$ 8.25	\$ 0.33
Chicken manure (pack in back mixing with rice straw)	1-Dec-23	25	\$ 0.88	\$ 0.04
Coops organic fertilizer (Local product, Enterprise, certified by Ecocert)	12-Dec-23	25	\$ 9.00	\$ 0.36
Carbon Based Fertilizer (BCF, Enterprise)	12-Dec-23	20	\$ 8.00	\$ 0.40
Chemical fertilizer (Imported product)	12-Dec-23	50	\$ 40.00	\$ 0.80

3/4/2024

Microorganism-based innovation process: agricultural bio-inputs in Cambodia

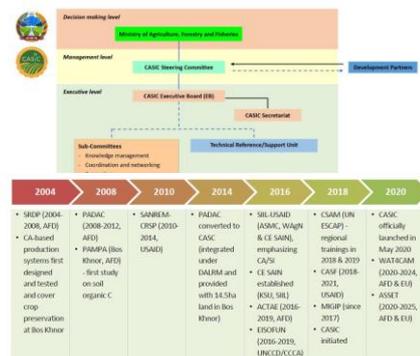
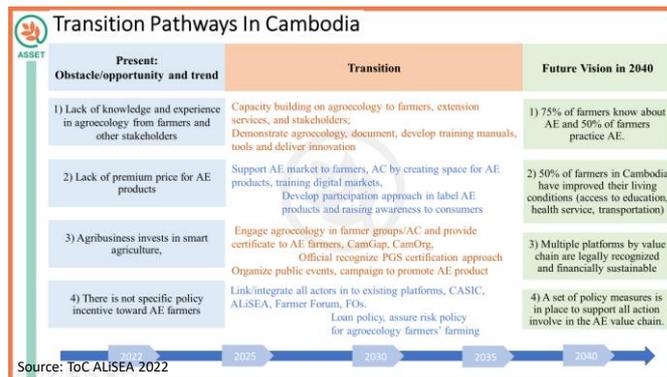
9

Diapositive 10

National and Civil Society Platforms for Innovation Processes

> Based on Theory of Change by Agroecology Learning Alliances in Southeast Asia (ALiSEA), the need for the **capacity building on agroecology** to farmers, extension services, and stakeholders which requiring **different materials and innovations including certification** to agroecology farmers as CamGap, CamOrg and PGS. **Policy support** were also identified as the success factor for the innovations.

> CASIC's overall goal: To strengthen **coordination and support stakeholders** in order to promote conservation agriculture and sustainable intensification in Cambodia towards **agricultural modernization and agroecological transition**.



3/4/2024

Microorganism-based innovation process: agricultural bio-inputs in Cambodia

10

Diapositive 11

Main Findings

Microorganism-based innovation process: agricultural bio-inputs in Cambodia

3/4/202411

Diapositive 12

Forum #1 and #2 – What we want in Future!

- **Limitation B.I production technique** (low quality, high production cost, incipient research and labs testing,)
- **Unstable value chain** (SMEs produce some, existing network initiation, NGOs & FOs encourage farmers to produce BI, certificate procedure)
- **Policy support** (Gov. NGOs, researcher & farmer willing to promote & develop BI, MAFF finding new opportunity, Gov. preoccupied of envi. & health impact of chemical input, , certificate procedure, technical skills concerning BI production exists at MAFF)

Future

- **Better BI production technique** (lab testing, quality, technical recommendation, new disease adoption, soil & health improvement)
- **Better BI product value chain** (big demand & distribution, direct product by ACs & farmers, SMEs involve in produce & distribution, affordable price)
- **Policy support** (BI & AE promotion, Technical & market support, knowledge sharing)

Past

- **Limitation BI production technique** (low efficient, high production cost, incipient research and labs testing,)
- **Unstable value chain** (SMEs business model is unclear, large demand of chemical input, limited demand & market for BI, unaffordable price)
- **Limitation policy support** (private sector exclusively promote chemical inputs, BI didn't intergrade in the recommendation, limited of knowledge sharing of BI's impact)

5-years Scenario(s) of Bio-input

Microorganism-based innovation process: agricultural bio-inputs in Cambodia

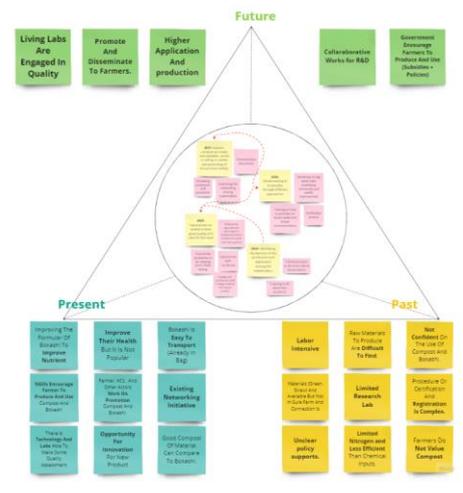
3/4/202412

Diapositive 13

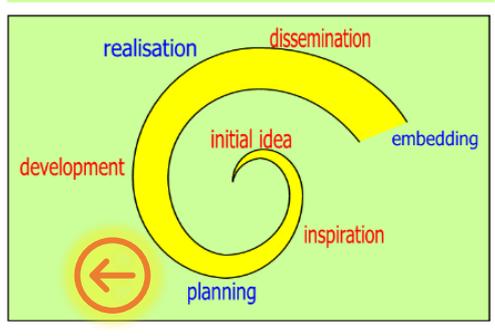
Bio-input innovation were likely still at Planning stage



Compost/Bokashi



Initiators devise action plans, negotiate with authorities and stakeholders for experimentation space, leveraging external expertise for evidence-based practices and policy supports.



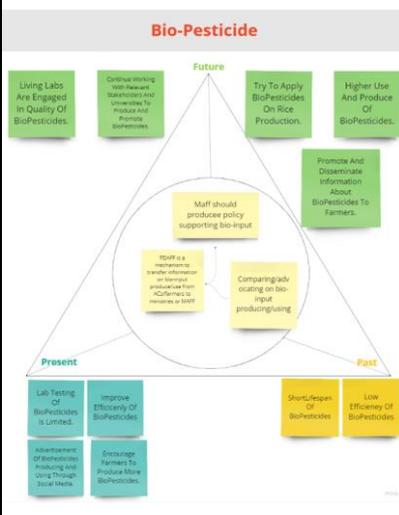
3/4/2024
Microorganism-based innovation process: agricultural bio-inputs in Cambodia
13

Diapositive 14

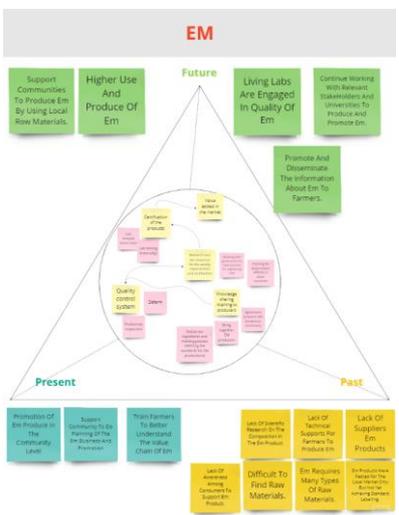
Future triangles of Bio-Inputs for 5-Scenario



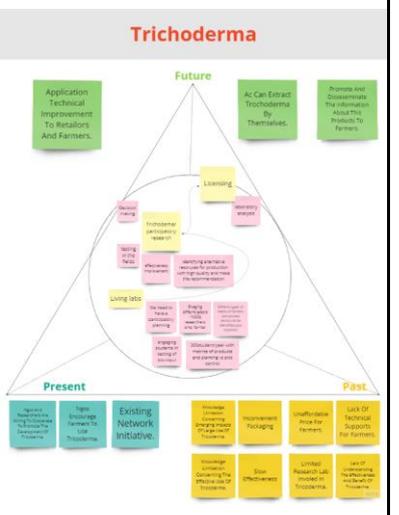
Bio-Pesticide



EM



Trichoderma



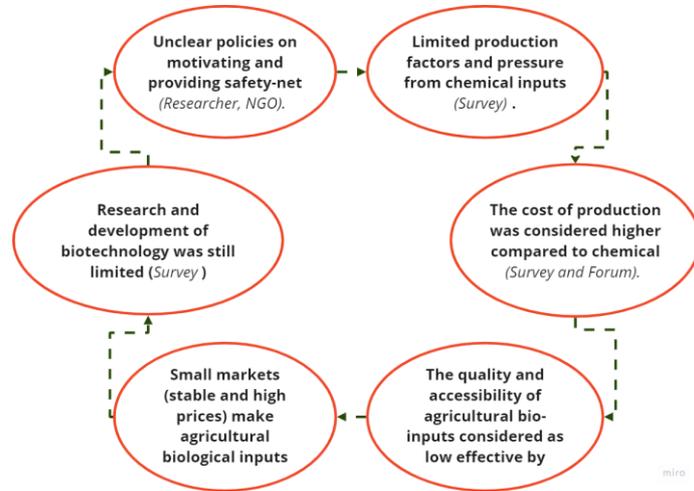
3/4/2024
Microorganism-based innovation process: agricultural bio-inputs in Cambodia
14

Diapositive 15

The bottle-neck was lying on demand side and supply side, creating a vicious cycle of under innovation.



- Our empirical data and forums showed that the combination of unclear policies, limited production factors, high costs, constrained biotechnology research, small markets with high prices, and perceived low effectiveness of agricultural bio-inputs forms a **vicious cycle perpetuating agricultural challenges and hindering bio-input development.**



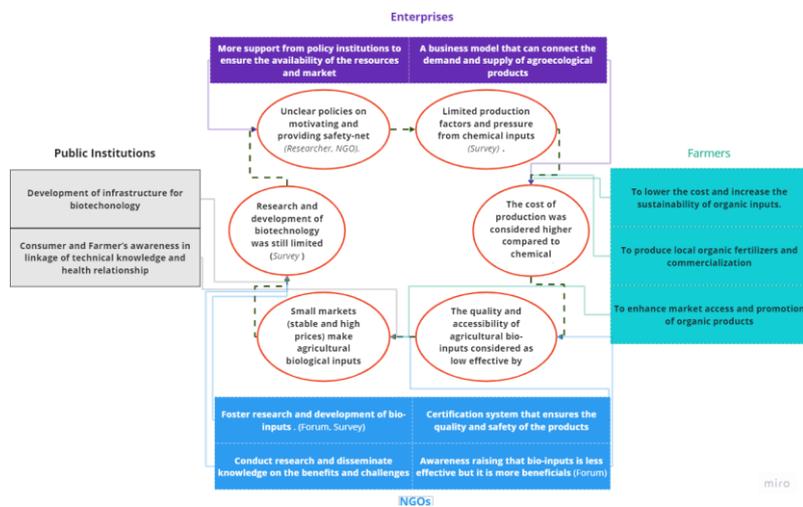
3/4/2024

Microorganism-based innovation process: agricultural bio-inputs in Cambodia

15

Diapositive 16

Some actions from stakeholders toward vicious cycle of under innovation



3/4/2024

Microorganism-based innovation process: agricultural bio-inputs in Cambodia

16

Diapositive 17

Efforts Starting with Demand Side and Triggering Supply Side





Awareness and knowledge of farmers and consumers about the benefits of biological inputs is important for boosting and stabilizing market demand, such as safe vegetable markets and organic exports.



Farms with high value crops and modern market chains such as pepper, cashew or vegetables tend to promote the adoption and use of biological inputs.



Agricultural biological inputs are widely used by Cambodian farmers, especially in rice and vegetable production in the form of **natural fertilizers (traditional knowledge)**. Organic **microorganisms are restricted** by the national level, but few are recognized such as **Trichoderma**.



We see **a number of examples to drive research to obtain high quality biological inputs** (including imports) and to promote the **trade of agricultural biological inputs** with the participation of local producers, communities. Agriculture, researchers and private companies.



Promoting commercial production and use of agricultural biological inputs requires the participation of local producers, agricultural communities, researchers and private companies.

3/4/2024
Microorganism-based innovation process: agricultural bio-inputs in Cambodia
17

Diapositive 18

Conclusion / Take away messages



Bio-input innovation process in Cambodia is in Planning Stage based on spirial of initiatives.

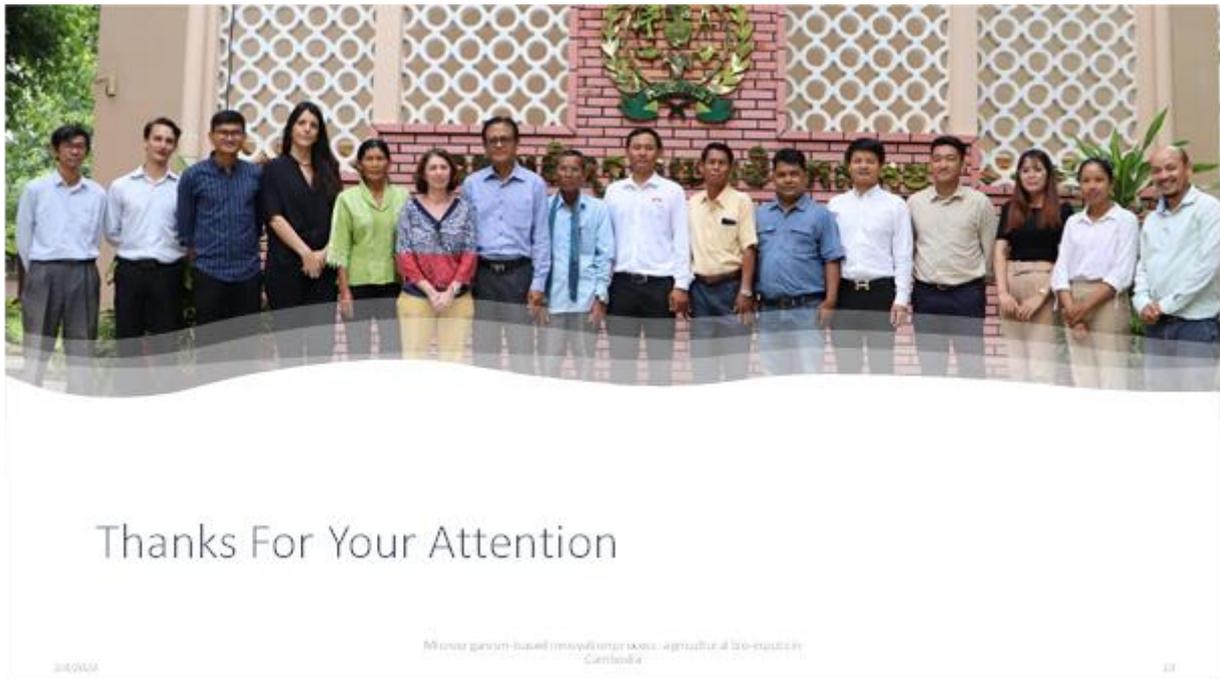
At this stage, main results suggests dynamic and active actors in the innovation process which are ready for the further progress into the next stage.

- Different active networks such as as ALISEA, CASIC etc. And
- Connected actors around the innovation processes and is ready and willingness in participatory works.

Human resources with commitments were observed like national and international researchers, interested public institutions, private enterprises, NGOs and farmers.

Thanks to the Health Plant project and initiative Pre-tag project and all actors participating in this study.

3/4/2024
Microorganism-based innovation process: agricultural bio-inputs in Cambodia
18



DISCUSSION

De manière complémentaire au Cambodge, l'État cambodgien a passé un contrat avec la firme ÉMRO pour utiliser massivement les micro-organismes, mais plutôt dans le recyclage et le traitement des eaux urbaines. Cela concerne notamment la percolation dans l'agriculture. Cette approche est émergente à l'échelle nationale. Il existe un usage spécifique pour le traitement des eaux, ce qui démontre que les micro-organismes ont plusieurs champs d'application. Cela s'inscrit dans le contexte de ce qu'on appelle l'économie circulaire et autres dynamiques.



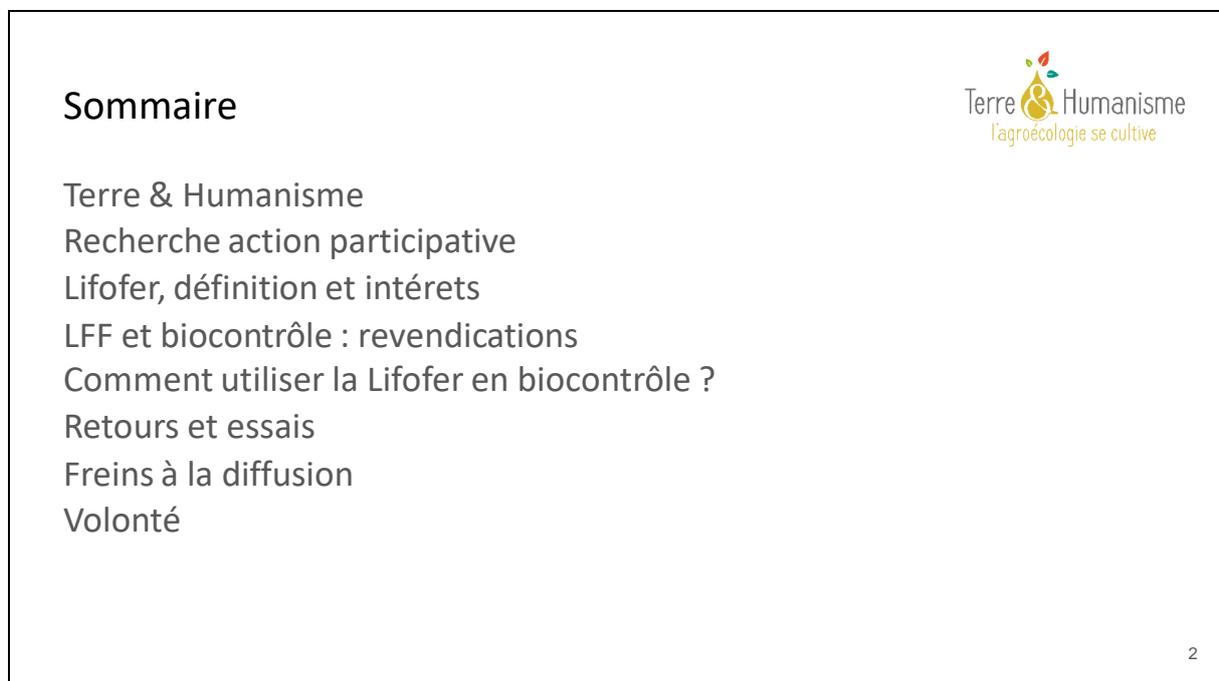
Terre & Humanisme
l'agroécologie se cultive

La Lifofer en biocontrôle

Le réseau Lifofer et retours d'expériences

16/2/24
Joseph Drevon, chargé de mission recherche-action et expérimentation

www.terre-humanisme.org



Sommaire

- Terre & Humanisme
- Recherche action participative
- Lifofer, définition et intérêts
- LFF et biocontrôle : revendications
- Comment utiliser la Lifofer en biocontrôle ?
- Retours et essais
- Freins à la diffusion
- Volonté

Terre & Humanisme
l'agroécologie se cultive

2

Diapositive 3

Terre & Humanisme



- Association Basée au Mas de Beaulieu, Lablachère, Ardèche
- 30 ans d'existence et 10 ans de gouvernance partagé.
- Financement par dons de particulier et foundation privées.
- Diffusion de l'agroécologie, humaine et technique.
- Action en France et à l'international : Solidarité, Formation, Expertise, Recherche-Action

3

Diapositive 4

Recherche action participative - Lifofer 1/2



Voyage d'étude à Cuba de Dorian Félix et rapport d'étude EM artisanaux (2015)

Expérimentations au Mas de Beaulieu

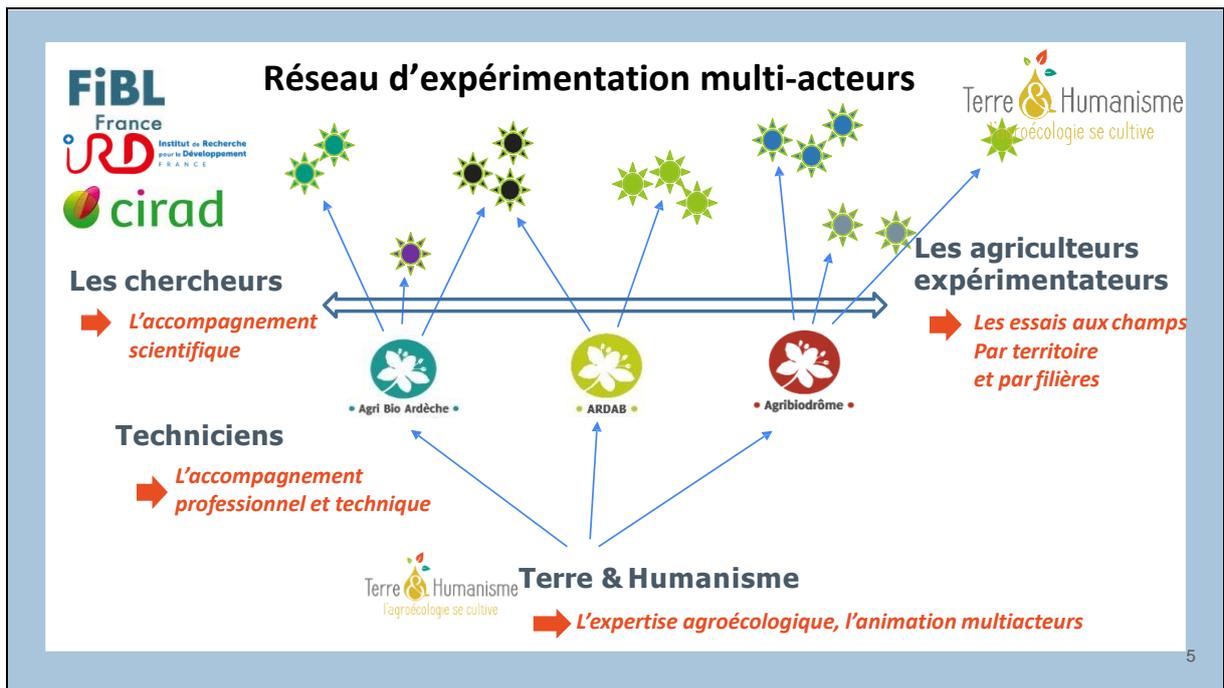
Diffusion et formations à la Lifofer.

Réseau d'utilisateurs plus ou moins connectés,

T&H centralise une partie des ressources et échanges

4

Diapositive 5



Diapositive 6

Recherche action participative - Lifofer 2/2

Terre & Humanisme
l'agroécologie se cultive

Newsletter trimestrielle Lifofer (lancée en 2022)

Animation de réseau, financement d'essai, implication dans projet d'expé

Plusieurs Journées Lifofer depuis 2020->

Novembre 2023 : Rencontres Nationales de la Lifofer.
100 personnes environ

Thématique ouverte aux divers Bio-intrant (Bokashi, Extraits de plantes fermentés, lactofermentation de déchets).

Number: 6

Diapositive 7

Lifofer, définition et intérêts



Solution, issue de 2 fermentations (lactique) anaérobies successives d'eau, de litière forestière, petit lait, son et mélasse. Cortège de microorganismes issue de ces matières premières, dominance des bactéries lactiques. Contient les produits de la fermentation.

Economie

Autoproduction

Réduction des intrants agroindustriels et/ou exogène

Basée sur le vivant

Porte le regard au sol

7

Diapositive 8

Lifofer et Biocontrôle - Revendications



- Régulation de l'équilibre rédox (sol/plante), vers la réduction
- Compétition - régulation microorganismes pathogènes
- Inoculation microorganismes bénéfiques
- Assimilation/Biodisponibilité des éléments minéraux
- *Elicitation ?*

8

Diapositive 9

Comment utiliser la Lifofer en biocontrôle ?



Terre Humanisme
l'agroécologie se cultive

Positionnement : Stade phénologique, météo, fréquence
Dose : au plant, à la surface, au volume ; dilution
Mode d'apport : pulvérisation, arrosage, pralinage, via substrat solide
Cible : Sol, plante, substrat
Objectif

9

Diapositive 10

Lifofer au compostage, Pythium et Rhizoctonia



Terre Humanisme
l'agroécologie se cultive

<u>FIBL/Agribiodrome 2020 :</u>	<u>Expé Fibl / Agribiodrome 2021/22 :</u>	<u>Expé Fibl 2023 :</u>
Timing : +2 mois démarrage	Timing : lancement (T) et Maturation (M)	Timing : lancement (T) et Maturation (M)
Dose : 2L/m ³ , dilution au ½	Dose : 5L/m ³ , dilution au ½	Dose : 5L/m ³ , dilution au ½
Mode d'apport : Arrosage lors retournement	Mode d'apport : Arrosage	Mode d'apport : Arrosage
Cible : Compost bovin	Cible : Compost ovin	Cible : Compost ovin
Témoin eau, témoin LFF stérilisé	Témoin eau	Témoin eau
Test suppressivité (germination de cresson / Pythium et Rhizoctonia) Révèle effet sur Pythium (du compost + LFF). Rien sur Rhizoctonia	Test de suppressivité Tourbe seule / Tourbe+Compost / Tourbe+Compost_LFF Effet suppressif des modalités compost. Pas d'effet améliorant significatif LFF (petite tendance).	Test suppressivité (cresson/Pythium) Pas de germination (phytotoxicité des 3 composts)

10

Diapositive 11

Lifofer sur salade

Groupe Dephy, SCEA Aude, 2020 :

Timing : Selon programme cuivre, après une pluie

Dose : 30 L/Ha, dilution au 1/20

Mode d'apport : pulvérisation

Cible : plante

Comparaison programme cuivre

**Rendements comparables, Intensité de la pression bactérienne similaire. Tendance +
-> Intérêt de coupler les stratégies?**



11

Diapositive 12

Lifofer sur courgettes, Oïdium

Cabinet d'Agronomie Provençal et Potagers & Compagnie 2022 et 2023:

Timing : Plantation puis 1/2semaines

Dose : Trempage dans solution à 10% puis 5L/Ha, dilution au 1/20

Mode d'apport : trempage puis pulvérisation

Cible : plante (racinaire puis foliaire)

Témoin à l'eau

Réduction de la pression Oïdium (de 10%)



12

Diapositive 13

Lifofer sur vigne, court-noué



Chapoutier, depuis 2019 :

Timing : mars, avril puis 3 fois selon météo (1/3 semaines environ)

Dose : 30L/Ha au sol, 10L/Ha en foliaire. Dilution au 1/10

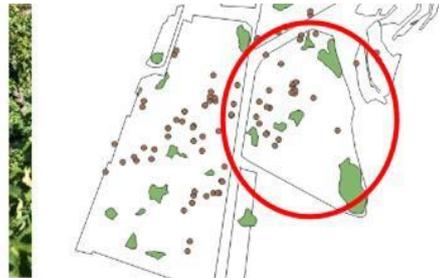
Mode d'apport : Pulvérisation

Cible : Sol (mars et Avril) puis foliaire

Témoin.

Sur vieille vigne de Syrah (1976)

Pas d'effet constaté sur le court-noué à ce jour.



Carte représentant la présence de court noué en 2017 sur Pavillon plaine

M. CHAPOUTIER

13

Diapositive 14

Lifofer sur vigne, mildiou et +

Monastère de Solan :

Application sur vigne foliaire. Stratégie de lutte mildiou :

Biofertilisant + LFF + Extrait fermenté

Sulfate de cuivre

Joker remise à zéro

1.3kg de cuivre métal en 2023

Episode de grêle sur véraison : Poudrage lithotamne puis mix LFF, tisane, sulfate de magnésium. Pas de pourriture grise

Application en arboriculture : Encadrement floraison. *Elasticité de la protection*

Lifofer/biofertilisant pas uniquement en cause (tout un cortège de pratiques agronomiques) mais y participe.



14

Diapositive 15

Biofertilisant sur blé tendre, Rouille et septoriose

UCATA, Ceta du Cher + Symbiotik 2023 :

Variété Complice, semée le 8/10/22, précédent colza. Récolte le 18/07/23
microparcelles, 3 répétitions

Programme d'applications : 4 Applications foliaire calées sur stades phénologique, (env. 3 semaines du 28 mars au 24 mai), composition variable mais base LFF pour bionutrition.

Indicateurs : notation septoriose/rouille (01/06/23 sur 100 individus/répétition) ; Rendement

Résultats : Réduction de la pression fongique (modérée par rapport au témoin conventionnel, pour Bionutrition+macération. Effet similaire sur le rendement.

Pistes : adaptation des date/doses/périodicité d'application (mise en oeuvre des traitements parfois problématiques)



Diapositive 16

Lifofer en Elevage

Retours d'expériences Rézomes :

Utilisation de Picou sur litière de bâtiments. 1L/10L/500m²/1à3 semaines.
pédiluve, sur mamelles et pattes, pour nourrissons

Diminution des odeurs d'ammoniac ; Moins de mouches ; Moins de maladies notamment chez les jeunes (diarrhées, mammites, piétin, gros nombril, coccidiose ovine) ; Litière asséchée ; qualité des fumiers

Pourrait-t-on un jour démontrer qu'on réduit les gaz à effet de serre ? CO₂, CH₄, N₂O
?



Diapositive 17

Pêles meles

I. Traoré 2019 rapport BF_EM, essai grande culture (Burkina Faso)

Réduction attaque Thrips sur niébé (Compost enrichi + LFF)

Amandera, Barbara Sie, 2021, essais maraichage

Augmenterai l'appétence des courges vis à vis des chevreuils

Augmenterai la sensibilité des brocolis à certains ravageurs (feuille)

Adab via GAB Aura 2021, témoignage petits fruits:

groseiller (curative foliaire 20%) : réduction 20% rouille/oïdium

Potager et Compagnie 2021, maraichage:

Sur Tomates F1 et variété ancienne (5% foliaire/15 jours), pas d'effets mildiou

C. Denis, T&H 2021, maraichage :

Sur tomate (du repotage à la récolte, 5% au sol/semaine, pas d'effets sur puceron)

Nicolas Supiot, grande culture :

Enrobage de semence à la Lifer contre la carie du blé

amandera
des racines à la cime



FRAB AURA
Les Agriculteurs BIO



17

Diapositive 18

Effets sur la conservation

Terre & Humanisme
l'agroécologie se cultive

Des retours positifs sur différentes cultures :

Salade (Burkina Faso)

Fruits à noyaux (Observation Milène)

Pomme (manip valo)

18

Diapositive 19

Pourquoi cette technologie ne se répand pas plus ?



Effacité : Non systématique. Préciser les mécanismes à l'oeuvre pour mieux cibler.

Production : Frein potentiel, malgré une "promesse" de réduction des coûts.

Technique : Pratique nouvelle, approche parfois différente. Information et pédagogie.

Crédibilité : Approche en rupture avec certaines lectures des agrosystèmes.

19

Diapositive 20

Limites à l'expérimentation paysanne sur Lifofer



Echelle expérimentation et répétabilité

Technicité de protocole biocontrôle : Positionnement, paramètre de bouillie, mode d'application

Spectre d'action large

Effacité seul à questionner MAIS Synergies agroécologique.

Une action vs un ensemble de pratique (Monastère Solan et mildiou par exemple)

20

Diapositive 21

Volonté



Favoriser le développement des bio-intrants
autoproduits / artisanaux / low-tech ?

Animation du réseau Lifofer (diffusion et organisation d'évènements)

Passerelle Recherche - paysan, canal

Capitaliser sur les actions conduites depuis 2015

Expérimenter à son échelle

21

Diapositive 22

Merci pour votre attention !



<https://terre-humanisme.org/project/lff/>

Guide de fabrication

<https://terre-humanisme.org/wp-content/uploads/2019/05/guide-lff-2018.pdf>

Manuel de la Lifofer

<https://boutique.terre-humanisme.org/produit/manuel-litiere-forestiere-fermentee/>

josephd@terre-humanisme.org

22



Expé courgette CAP, indice de sévérité



Indice 1 – Très faible quelques taches	Indice 2 – Faible Plus de 10 taches ou une surface de taches agglomérées	Indice 3 – Modéré Petites taches sur toute la feuille ou plusieurs taches agglomérées	Indice 4 – Sévère Taches indénombrables ou gros taches partout	Indice 5 – Très sévère Couvert totalement d'Oidium
--	--	--	---	---



$$\text{Indice de sévérité (\%)} = \left(\frac{\sum(N_i * S_i)}{N_t * 5} \right) * 100$$

Ni : Nombre de feuilles dans la classe de sévérité i, i allant de 1 à 5
 Si : Classe de sévérité
 Nt : Nombre total de feuilles par plante



23

DISCUSSION

J'ai une question concernant la perception de la Lifofer par les chambres d'agriculture. **Comment la profession vit-elle cette approche ? Et comment interagissez-vous avec ces structures ? En particulier, comment les coopératives, en tant que gros prescripteurs d'intrants, reconnaissent-elles ce nouveau produit ?**

Au début, il y avait des réticences. Certains considéraient Valo, qui a initié cette technique, comme un original. Même au sein de notre association, certains doutaient de l'intérêt de cette approche. Cependant, les essais et les preuves ont montré que nous comblions un manque. Nous avons diversifié nos actions et collaboré avec nos alliés, notamment les instituts techniques et les chambres d'agriculture.

En effet, nous cherchons à combler ce manque, parfois pour des raisons politiques ou de fonctionnement. Maintenant, parlons de l'articulation entre ces différentes parties.

Aujourd'hui, je pense que les relations sont de plus en plus proches, non seulement avec l'association, mais en tout cas et surtout entre les différents acteurs qui utilisent ou expérimentent ces techniques.

Il y a d'autres questionnements dans la salle ou dans le tchat ?

J'ai 2 questions, je voulais savoir s'il y avait eu des scientifiques à la journée, aux rencontres autour de la Lifofer, qui était venu ? C'étaient des places. Et est-ce que vous avez une idée ? C'est une question assez générale ? Pour Remi et toi. Est-ce que vous avez une idée de la proportion, peut-être en nombre d'hectares ou autre, de personnes qui utilisent actuellement ce système en France ? Et, question un peu personnelle, est-ce qu'il y a des agriculteurs en Corse qui utilisent ce système-là ?

Je laisserai Remi répondre peut-être pour les agriculteurs en Corse, mais il me semble que oui. Pierre Christen, qui est là ici, était présent. Aurélie est là pour nous accompagner. En tout

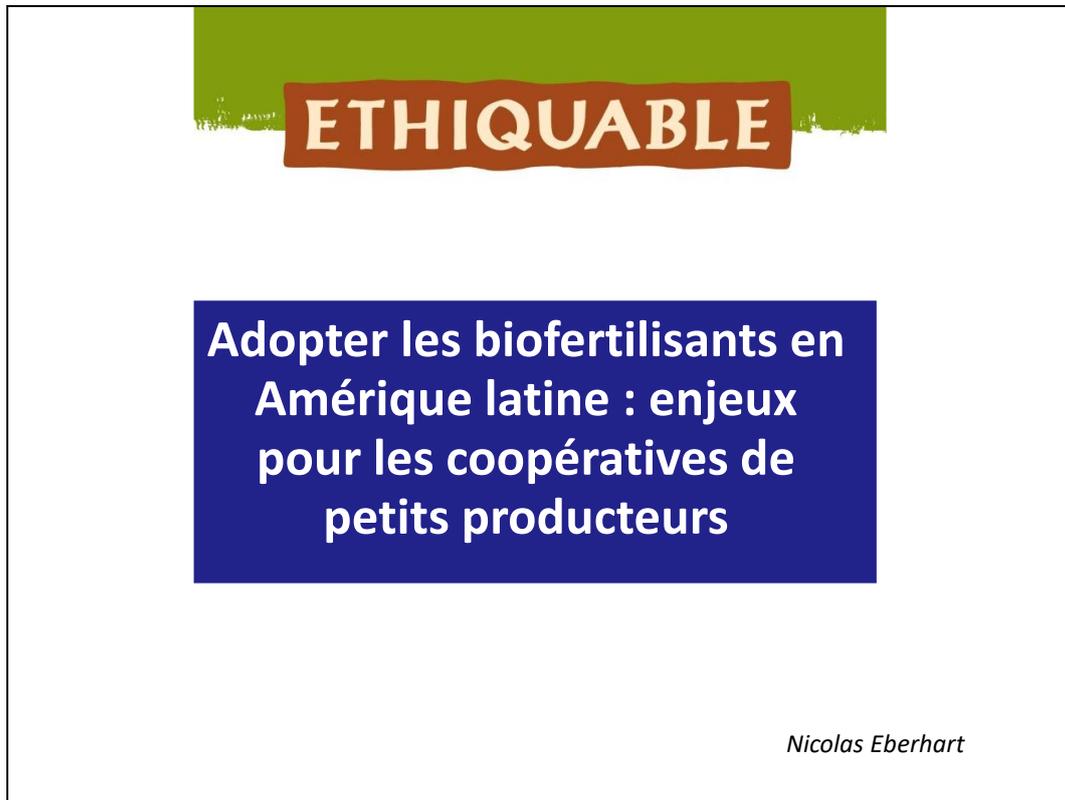
cas, nous travaillons avec elle depuis 3 ans, 4 ans, 5 ans sur les questions de la permaculture. Elle a été formée à la permaculture par Terre & Humanisme et s'est investie dans la recherche sur cette technique, notamment sur les procédés de fermentation. Son domaine de recherche porte principalement sur les étapes de fermentation et sur ce qu'elles apportent à cette technique. Donc, oui, il y a un accompagnement scientifique, mais cela s'est fait de manière indépendante. Ce n'est pas l'IRD qui a poussé Pierre à venir voir ce qu'il faut faire. C'était une initiative personnelle du chercheur, donc c'est aussi le fruit de rencontres humaines.

Actuellement, y a-t-il eu d'autres scientifiques aux rencontres ? il y a eu Pierre, comme vous le savez. **Mais y a-t-il d'autres personnes ?**

Je ne sais pas. Des scientifiques de l'INRAE ou d'autres institutions qui s'y intéressent et qui sont venus aux rencontres, ou peut-être qui s'y intéressent sans y être venus ? C'est peut-être encore une niche en France, je dirais, mais je laisserai Pierre répondre à cela. Et si oui, eh bien, il y avait Laurence Maurice, qui doit participer ou qui participe à cette réunion, et qui a également contribué à la recherche. Avec Laudine Marchive, elles ont travaillé sur le cacao en Équateur, en Côte d'Ivoire, avec l'agroforesterie. Alors justement, ça va faire la transition parce que l'auditeur et Laurence interviennent juste après.

Et par rapport aux surfaces ? Excusez-moi, oui, Yannick, réellement, pardon, je crois que c'est à calculer. Je peux sortir des chiffres, ce sont plusieurs dizaines de milliers d'hectares. Aujourd'hui, il y a des agriculteurs qui l'utilisent un peu partout et on peut dire que ça nous a échappé, c'est-à-dire que ça se partage. Parfois, on voit des personnes qui nous disent : "J'ai appris la recette de telle personne qui avait été formée 3 ans en arrière." Rien que sur la Bourgogne, ce sont des milliers d'hectares. Un producteur peut avoir parfois 40 à 100 hectares, donc forcément, on est très vite à l'échelle de milliers d'hectares. Voilà, et vous connaissez des cultivateurs qui s'y intéressent ? Enfin, moi non.

En fait, Terre & Humanisme est une structure qui transmet l'agroécologie depuis longtemps. On a qu'un tout petit volet sur la recherche. Ce qu'on a fait, c'est avec des copains, connaissances professionnelles, organisés avec qui nous avons des valeurs communes, de voir les gens qui étaient intéressés au départ. On a pu travailler avec **AGRI bio** Ardèche, avec l'Adam, etc. On a diffusé tout doucement, d'abord par les jardiniers, puis par les petits paysans. Petit à petit, le monde scientifique s'y intéresse, mais on n'a pas énormément de ressources humaines pour développer cela. On a peu de contacts, et c'est quand même en opposition avec la culture scientifique. Donc, on n'a pas trop cherché là-dessus. Nous, ce qu'on a essayé de voir tout de suite, c'est de toucher les petits paysans, les gens qui avaient la volonté d'expérimenter, de nous accompagner un peu dans cette grande aventure. Et puis maintenant, il y a des milliers de gens qui en font un peu partout. Rémi donne pas mal de formations, et j'en anime quelques-unes sur la production de vers de terre. Nous formons aussi des formateurs à cette technique un peu sur le modèle sud-américain finalement. Mais cette recette se transmet de personne à personne, et on a du mal à avoir des retours. Beaucoup de gens expérimentent, c'est pourquoi nous essayons de développer au maximum ce réseau avec nos maigres moyens. Notre objectif est de capitaliser sur toutes ces expériences. Nous avons besoin de l'aide de chacun. Nous sommes ouverts à tous pour essayer de créer quelque chose de solide autour de l'utilisation des micro-organismes.



ETHIQUABLE

**Adopter les biofertilisants en
Amérique latine : enjeux
pour les coopératives de
petits producteurs**

Nicolas Eberhart



ETHIQUABLE

- 20 ans de commerce équitable en appuis aux coopératives de petits producteurs de café, cacao, fruits,...
- une équipe de 10 agronomes pour le suivi des partenariats et l'évaluation d'impact du commerce équitable.
- un programme d'échange et des cofinancements de projets d'appui aux coopératives en lien avec la production bio.



Diapositive 3

ETHIQUABLE

- utilisation des microorganismes pour préparation en application foliaire et amélioration des composts, suite à l'attaque de rouille de café en 2011.
- L'expérience de COMSA au Honduras devient un modèle. 1600 kg de café par Ha en moyenne chez 1500 familles (à comparer aux 900 kg / ha en conventionnel au Honduras).
- chez COMSA, 100 % des producteurs appliquent des biofertilisants. Un centre de formation dans une exploitation pilote de 100 has.



Diapositive 4

ETHIQUABLE

- L'innovation se propage au sein des coopératives de commerce équitable, principalement de café dans toute l'Amérique latine.
- Des faibles couts de production pour les biofertilisants et une autonomisation des exploitations.
- **1er Facteur de réussite** : une coopérative qui paie correctement ses producteurs.
- **2ème facteur** : mise en place des connaissances pour produire des biofertilisants.



ETHIQUABLE

- **Les principaux enjeux :**
- Maintenir une bonne rémunération des producteurs (services annexes dont assistance technique).
- Faire valider les recettes et les minéraux par le certificateur bio.
- Adapter les recettes et trouver des itinéraires techniques pertinents pour chaque réalité.

DISCUSSION

Ludovic TEMPLE : Tu nous rappelles donc un des moteurs des bios ? C'est aussi le marché de l'agriculture biologique. Nathalie Jack a levé la main et j'ai trouvé très important de rappeler que l'existence de prix rémunérateurs est essentielle, en tout cas en Côte d'Ivoire.

Participant (X) : Ce que j'ai constaté, c'est que l'utilisation de bio-intrants demande beaucoup plus de travail que l'utilisation d'intrants conventionnels. Il faut payer pour ces intrants, et il y a des problèmes liés à l'accès aux matières premières. Au départ, certaines matières premières étaient gratuites, mais dès que le système s'est développé, elles sont devenues payantes. Tout cela contribue à augmenter les prix. Vous avez également évoqué la question des certifications bio, qui sont très compliquées à obtenir. J'ai entendu de nombreuses histoires à ce sujet, notamment concernant la validation des ingrédients. Par exemple, le sucre utilisé ne doit pas seulement être bio, mais également certifié comme tel. Il y a donc de nombreux problèmes de ce type qui se posent. Quant à l'expérience des coopératives en Côte d'Ivoire, il est vrai que le processus de certification bio peut être complexe. Bien que l'obtention de la certification puisse sembler bénéfique, il est essentiel de prendre en compte les coûts engagés et la demande réelle sur le marché. Parfois, les coopératives peuvent se retrouver dans des situations difficiles si les commandes ne sont pas à la hauteur des attentes. Il est important que les acteurs du secteur agricole continuent de collaborer et d'échanger des informations pour améliorer l'efficacité et la durabilité de ces initiatives.

Nicolas : Les enjeux sont importants. **ETHIQUABLE** est le premier producteur mondial, et le modèle dominant consiste à utiliser des intrants chimiques et à ne pas laisser d'arbres d'ombrage. Par conséquent, lorsque nous faisons la promotion d'un système de production différent, cela devient difficile. De plus, le marché est dominé par trois acheteurs au niveau

mondial, et ils exercent un contrôle total. En Amérique latine, nous avons réussi à débloquer certaines situations. Aujourd'hui, de nombreuses coopératives existent. Par exemple, le cacao péruvien, qui représente 25 % de la production, est certifié bio et vendu comme tel. Il s'agit de la première origine de cacao bio. Cependant, en Côte d'Ivoire, des blocages liés au fonctionnement de la filière rendent les choses très difficiles. Chez **ETHIQUABLE**, nous maintenons l'hypothèse que si nous parvenons à lever ces contraintes et à accéder à un prix de base de 4 000 à 5 000 \$ la tonne pour le cacao bio, les producteurs chercheront également à intensifier leur production. Cependant, les conditions du marché restent défavorables pour la Côte d'Ivoire.

Participant (X) : J'ai une question concernant la Côte d'Ivoire. Y a-t-il eu des essais liés au swollen shoot, cette maladie qui affecte les cacaoyers ? Nous allons également aborder la communication en Côte d'Ivoire.

Participant (X) : C'est formidable que cela fonctionne partout, mais en tant que scientifique, j'aimerais savoir s'il existe des pistes lorsque cela ne fonctionne pas. Y a-t-il des solutions lorsque les choses ne marchent pas comme prévu ?

Participant (X) : Je me demande également si la totalité du cacao bio est destinée à l'exportation ou s'il est également utilisé localement en Amérique latine, par exemple. Plutôt 100% d'export. Et du coup, si ça a un coût, si c'est un coût supplémentaire cela se répercute aussi sur les consommateurs locaux ?

Participant (X) : En disant que le marché intérieur du cacao en Amérique latine représente environ 5 à 10 % de la production totale, il est principalement approvisionné par des écarts des marchés internationaux. L'impact sur les coûts intérieurs est relativement faible. Selon mes connaissances, cela s'applique notamment à l'Équateur.

Laudine Marchive et Laurence Maurice IRD

RECHERCHE PARTICIPATIVE EN CÔTE D'IVOIRE - EFFETS DES BIOINTRANTS (LIFO FER, BOKASHI, BIOCHAR)
SUR LA SANTÉ DES SOLS ET DES CACAOYERS DANS DES PETITES EXPLOITATIONS

Diapositive 1



RECHERCHE PARTICIPATIVE EN
CÔTE D'IVOIRE
Effets des bio intrants sur la qualité chimique des sols et la
santé des cacaoyères de petits producteurs

Laudine Marchive (IRD/ETHIQUABLE) - 16/02/2024

Coordinateurs de thèse : Laurence MAURICE (IRD) - Eva SCHRECK (UPS) - Nicolas EBERHART (ETHIQUABLE)



Diapositive 2



CONTEXTE CÔTE D'IVOIRE

- ▶ 1er producteur mondial de cacao (~45 % de la production, *Cocoa barometer 2020*)
- ▶ Cacao "commodity" : destiné à la production de masse de chocolat

ENJEUX

- ▶ Faible rendement à l'ha (~ 500 kg/ha/an)
- ▶ Déforestation
- ▶ Forte incidence de maladies et ravageurs

2

Diapositive 3



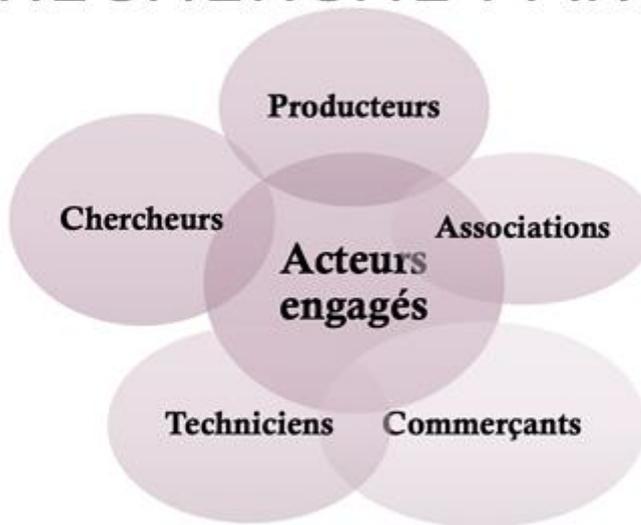
OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

1. Tester l'effet des bio intrants sur les paramètres physico-chimiques des sols
2. Evaluer l'effet des bio intrants sur les rendements des cacaoyers et la santé des vergers

3

Diapositive 4

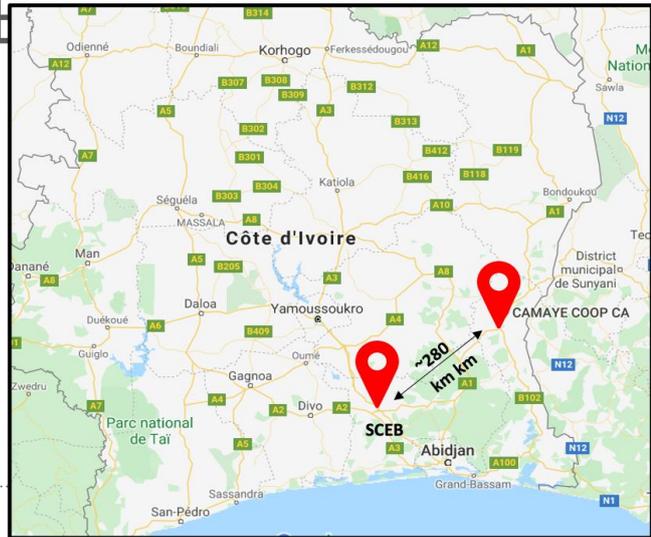
RECHERCHE PARTICIPATIVE



4

ZONE D'ÉTUDE

- ▶ 2 provinces : Abengourou - Tiassalé
- ▶ 2 coopératives : CAMAYE - SCEB
- ▶ 5 producteurs par coopérative : 10 total

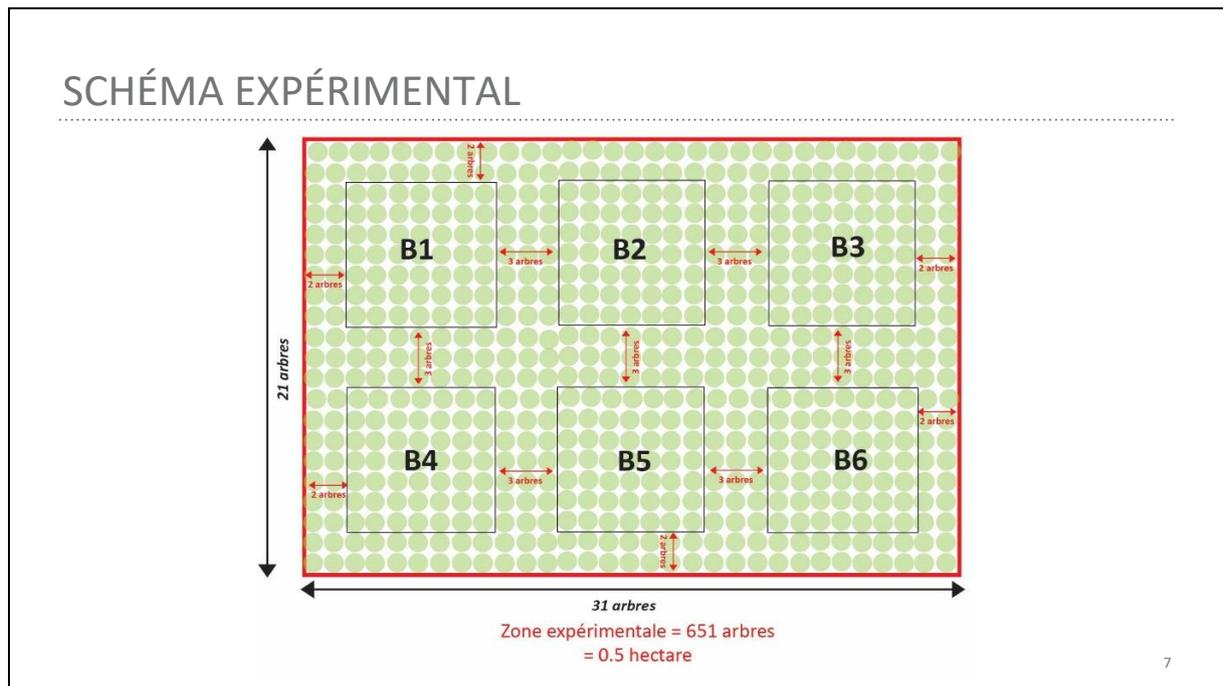


TYPOLOGIE DES PRODUCTEURS



- Petits producteurs certifiés AB (<10 ha)
- Arbres du même âge au sein de la zone expérimentale
- Aucune application d'amendements auparavant
- Motivation du producteur
- Gestion adéquate de la taille et des mauvaises herbes

Diapositive 7



7

Diapositive 8

SCHÉMA EXPÉRIMENTAL

3 applications par an (avril - septembre - novembre)				
Traitement	Bokashi (avec biochar) 1 Kg/arbre	Bokashi (avec biochar) 2 Kg/arbre	Biol complexe 0,1L/arbre	Lifofer liquide 0,1L/arbre
B1	X			
B2	X		X	X
B3		X		
B4		X	X	X
B5			X	X
Témoin				

8

Diapositive 9



BOKASHI

- ▶ Compost artisanal
- ▶ Composé de : ligofer, charbon végétal, terre, argiles colorées, cosses de riz, mélasse, fumier, tourteaux de cacao
- ▶ Apport de matière organique
- ▶ Apport de nutriments
- ▶ Favorise l'activité microbiologique des sols
- ▶ Appliqué en surface sous la litière autour de chaque arbre

9

Diapositive 10



BIOL COMPLEXE

- ▶ Solution biologique supplémentée en minéraux
- ▶ Fabriquée à partir de ligofer macérée, minéraux d'intérêt (P, K, Ca, Mg, etc.), herbe fermentée, ligofer liquide, ligofer solide, mélasse et eau.
- ▶ Permet d'apporter des nutriments aux feuilles
- ▶ Compétition entre microorganismes bénéfiques et maladies du cacao
- ▶ Appliqué en aspersion sur les feuilles et le tronc des arbres

10

Diapositive 11



LIFO FER LIQUIDE

- ▶ Lifofer en solution
- ▶ Fabriquée à partir de lifofer, eau et mélasse
- ▶ Compétition entre microorganismes bénéfiques et maladies du cacao
- ▶ Appliqué en aspersion sur les feuilles et le tronc des arbres

11

Diapositive 12



ECHANTILLONNAGES

- ▶ Sols + intrants biologiques
- ▶ T0 : Février 2021
- ▶ T1 : Septembre 2021
- ▶ T2 : Septembre 2022

12

ANALYSES

LABORATOIRE

- ▶ Concentrations élémentaires (majeurs et traces) totales et biodisponibles
- ▶ pH, CEC, Corg, Ntot



MESURES IN SITU

- ▶ Comptage des cabosses totales et malades
- ▶ Pesée mensuelle des fèves fraîches par traitement



13

ANALYSES STATISTIQUES

Modèles linéaires à effets mixtes

1. Adapté aux mesures répétées (corrélation intra-sujet)
2. Facteur producteur/province : effet aléatoire
3. S'assurer des pré requis
4. Suivi d'une ANOVA
5. Si ANOVA significative : Test de Tukey (comparaison par paires)

Modèle = ([X] ~ Traitement * Temps + (1 | Site/Producteur/Parcelle)

Modèle Rdt = (Rdt ~ Traitement + (1 | Producteur))

14

Diapositive 15

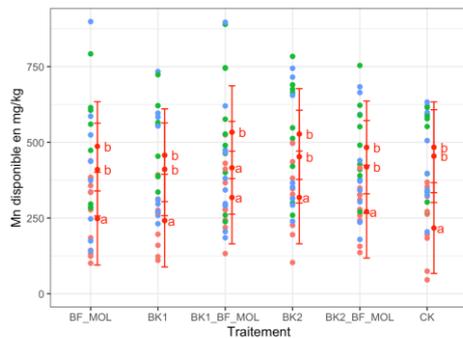
CARACTÉRISTIQUES DES SOLS À TO

Coopératives	pH	CEC (cmol+/kg)	M.O. (%)	N tot (%)	C/N	Texture du sol		
SCEB (n=30)	6.5	21.7	2.2	0.14	9.9	Loam limoneux		
CAMAYE (n=30)	6.6	24.2	3.6	0.22	9.8	Loam limoneux		
Recommandation <i>(Snoeck et al. 2016)</i>	5.1 – 7.0	12 - 30	2.9 – 5.5	0.20	9.5 – 15.5			
Concentration (mg/kg)	P tot	P disp	Mg tot	Mg disp	K tot	K disp	Ca tot	Ca disp
SCEB (n=30)	190	4.71	746	221	2967	52	1757	902
CAMAYE (n=30)	357	2.98	1383	236	6093	107	3109	1258
Recommandation <i>(Snoeck et al. 2016)</i>	-	6.00 – 15.00	-	109 - 486	-	78 - 470	-	800 - 3607

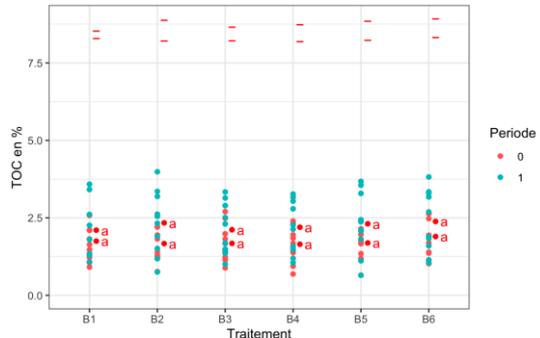
Diapositive 16

EFFET DES BIO INTRANTS SUR LES PROPRIÉTÉS DU SOL

1. Effet significatif du temps sur l'évolution des paramètres chimiques du sol
2. Pas d'effet des traitements ($p > 0.05$)
3. Effet "site" explique ~ 50 % de la variance



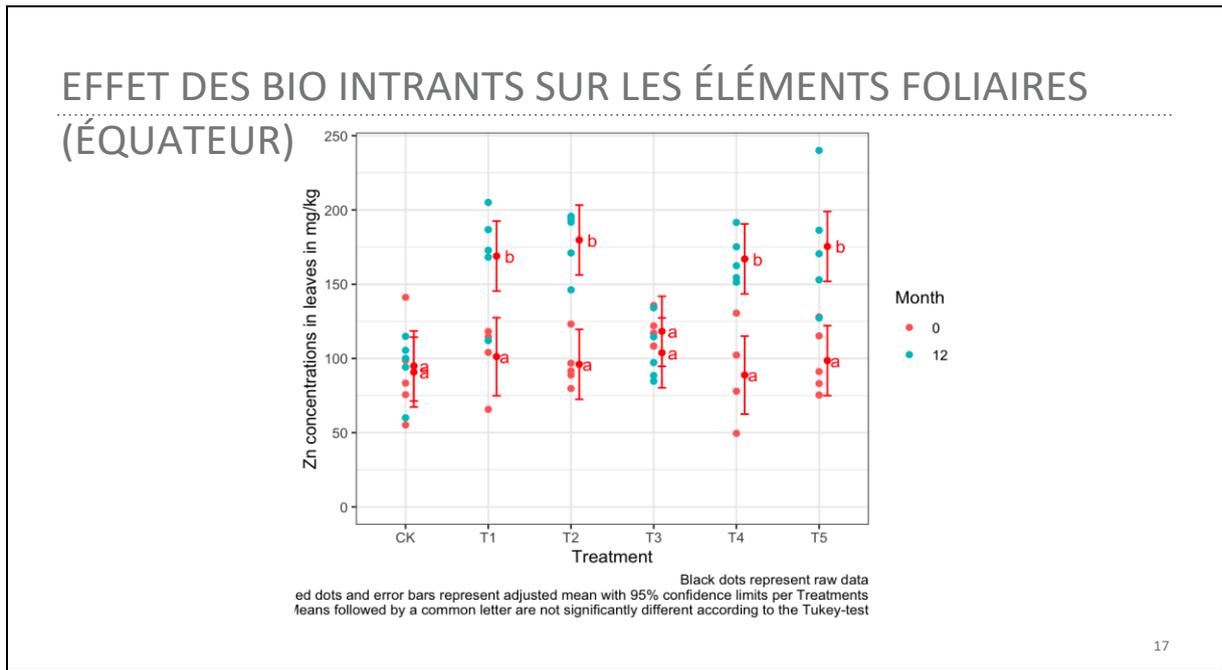
Black dots represent raw data
Red dots and error bars represent adjusted mean with 95% confidence limits per Treatments
Means followed by a common letter are not significantly different according to the Tukey-test



Black dots represent raw data
Red dots and error bars represent adjusted mean with 95% confidence limits per Treatments
Means followed by a common letter are not significantly different according to the Tukey-test

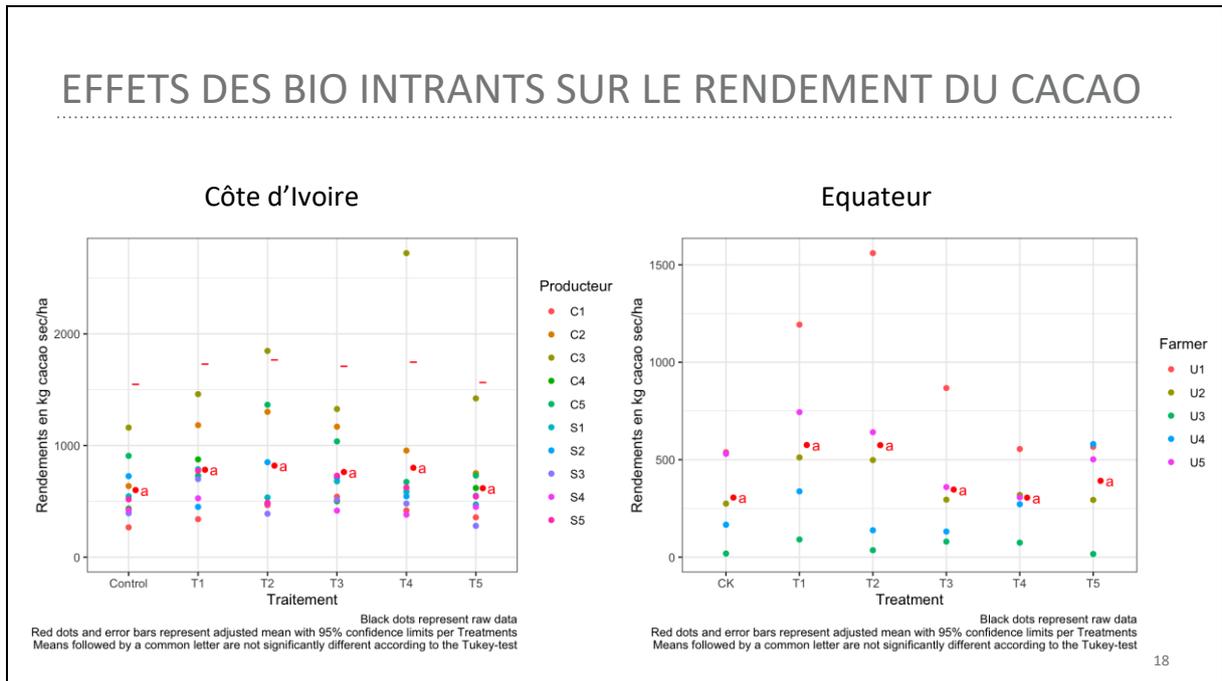
16

Diapositive 17



17

Diapositive 18



18

Diapositive 19

RENDEMENTS COOPÉRATIVE CAMAYE - TENDANCES (EN KG FÈVES SÈCHES /HA)

	B1	B2	B3	B4	B5	Témoïn
Année 1	441	624	401	525	386	306
Année 2	520	485	554	569	403	389
Toute l'étude	957	1104	949	1091	786	693
<i>Bénéfice</i>	<i>47 %</i>	<i>60 %</i>	<i>50 %</i>	<i>51 %</i>	<i>18 %</i>	

ATTENTION : Variabilité très forte entre producteurs

19

Diapositive 20

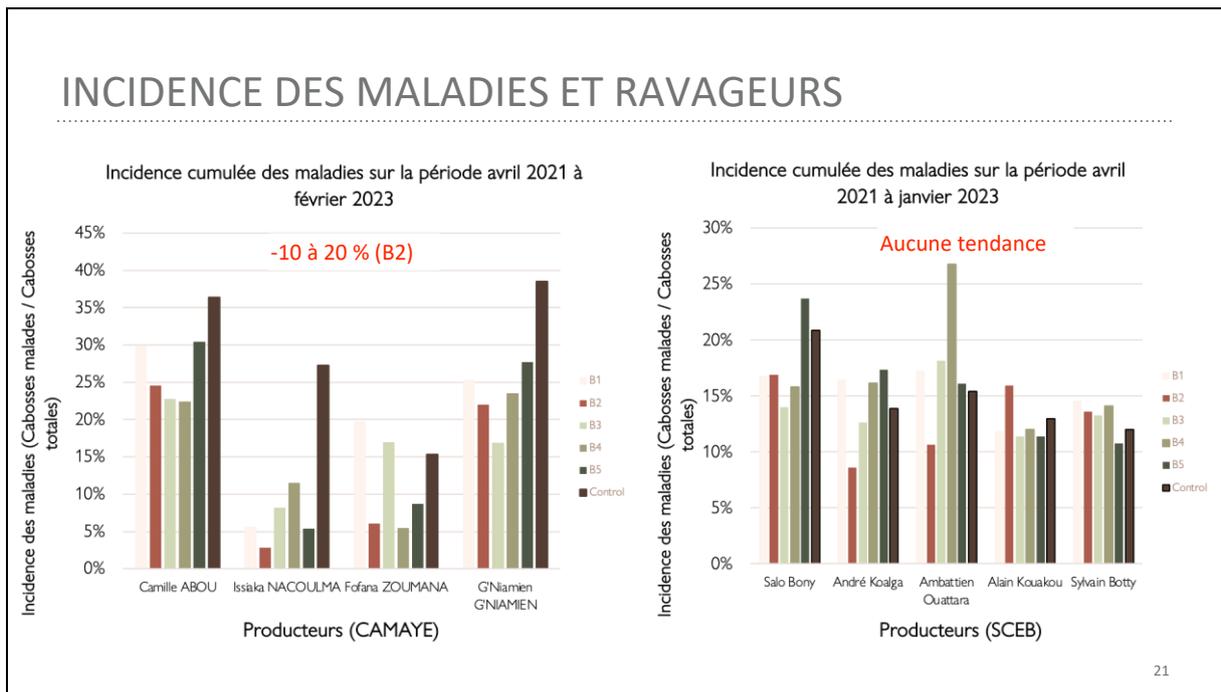
RENDEMENTS COOPÉRATIVE SCEB - TENDANCES (EN KG FÈVES SÈCHES /HA)

	B1	B2	B3	B4	B5	Témoïn
Année 1	745	801	726	753	602	733
Année 2	647	592	603	519	480	513
Toute l'étude	1346	1314	1310	1240	1014	1226
<i>Bénéfice</i>	<i>12 %</i>	<i>5 %</i>	<i>6 %</i>	<i>2 %</i>	<i>-17 %</i>	

ATTENTION : Variabilité très forte entre producteurs

20

Diapositive 21



Diapositive 22

- ### CONSIDÉRATIONS SUR LE DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE
1. Lacunes de données concernant les rendements : prise en compte des aspects relationnels - financiers chez les producteurs/coopératives/techniciens
 2. Adaptation du protocole aux pratiques de producteurs (application d'intrants - collecte de données)
 3. Turn-over du personnel au sein des coopératives : perturbe le bon déroulement du projet
 4. Forte variabilité de rendements intra-individus : plus d'arbres par parcelle ?
 5. Doses plus élevées ?
- 22

Diapositive 23



CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

- ▶ Etudes en plein-champs + culture pérennes demandent un temps long d'étude
- ▶ Connaissance préalable du contexte pédoclimatique et social pour adapter le protocole
- ▶ Bokashi + BF semblent prometteurs pour augmenter les rendements et réduire l'incidence des maladies
- ▶ Fort intérêt des producteurs pour ces bio fabriques
- ▶ Diversifier les analyses (feuilles, microbiologie, biologie des sols, ...)

23

Diapositive 24



DISCUSSION

Participant (X) : Donc tu as illustré cette difficulté de transférer le laboratoire au champ ? Et qui encore est aussi important en sciences sociales

Participant (X) : Oui, moi j'ai une question par rapport aux doses. Tout à l'heure, on a entendu parler de pas par toi, mais par un autre intervenant de doses de 7 tonnes par hectare quand il parlait de 300 sacs de 25 kilos. C'était quel type de doses sur lequel vous étiez là ? Est-ce un kilogramme par arbre ? Alors c'était dans les 2 tonnes par an, je crois, ou 3 tonnes, 3 tonnes par an.

Laudine : Oui, donc c'est quand même bien élevé, ce n'est pas rien. Après, ça dépend si on parle de matière organique. **Est-ce supplémenté en micro-organismes ou si on parle de micro-organismes en eux-mêmes ?**

Quant à la rumeur concernant les charançons du plantain, qui est co-planté avec le cacao, avez-vous entendu parler de cela ?

Non : Je n'ai pas eu d'écho.

Non : Il me parlait beaucoup de la production d'arbres. Eh bien, celui-là ne produisait pas et tout à coup, il a régressé en termes de rendement. Mais maintenant, il produit bien. Pendant des années, il ne produisait rien, puis l'utilisation de biofertilisants a peut-être renforcé sa production. C'est la plante qui lui a permis de produire davantage, surtout en Équateur et en Côte d'Ivoire.

Cependant, nous avons des parcelles de 49 arbres, ce qui rendait moins facile l'observation de chaque arbre individuellement. En revanche, en Équateur, les parcelles étaient composées de seulement 9 arbres, ce qui nous a permis d'avoir une vision plus précise des métaux présents dans le sol.

Participant (X) : Non, mais c'était un commentaire. Je pense que c'est intéressant de parler de votre analyse et des résultats. En particulier, il est crucial d'aborder les thèmes d'homogénéité. Souvent, lorsque la plante ne présente pas de problèmes initiaux, elle ne produira pas beaucoup. Ainsi, si l'on parle d'un rendement moyen sur une parcelle, cela ne reflétera pas nécessairement les événements qui auraient pu se produire.

Plus spécifiquement, il est important de considérer les individus qui ont souffert de carences et qui pourraient être affectés. J'ai remarqué ce phénomène non seulement dans l'élevage, mais aussi dans les cultures. En adoptant ces pratiques, nous pouvons espérer obtenir une plus grande homogénéité dans la production.

Khassime Mbodj Agrisud International

DIFFUSION ET APPLICATION DES MAB COMME PRATIQUE AGRO- ECOLOGIQUE, TEMOIGNAGE DES RESULTATS

Diapositive 1



AGRISUD INTERNATIONAL
SÉNÉGAL

Projet de Redynamisation de la Production Agricole (PRPA) Fatick et Diourbel

Diffusion, application des MAB comme pratique agroécologique auprès des TPE accompagnées et témoignage des résultats

Appuyé par CIRAD dans son :

Projet ACEPT-MAB Fondation de France

Présenté par **Khassime Mbodj**
Responsable Suivi-Evaluation et Pôle
TPE à Agrisud International Sénégal

Diapositive 2

PRPA : Zone d'application des MAB

- **Région** : Diourbel
- **Département** : Bambey
- **Commune** : Baba Garage
- **Zones d'application** : Keur Ousmane Kane (KOK) et Tawa Fall
- **Nombre de TPE membres de l'OP** : KOK (62) & Tawa Fall (189)



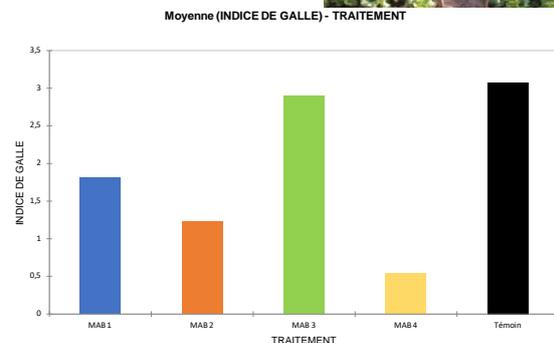
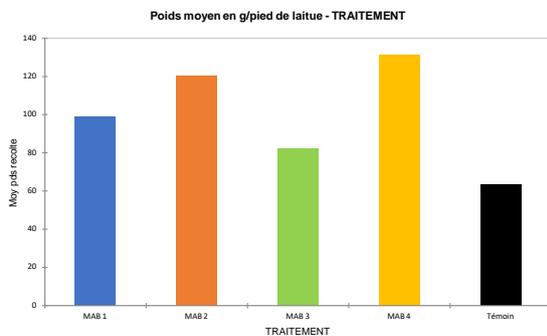
Diapositive 3

PRPA: Approche d'introduction des MAB dans le dispositif du plan d'accompagnement agroécologique du PRPA

- **2019** : Présentation de la technique et du bioproduit par le Cirad à Agrisud et aux TPE, identification des volontaires de KOK et Tawa Fall
- **2019 et 2020** : Campagnes d'expérimentations chez les TPE volontaires avec la présence d'un étudiant (co-encadrement Cirad/Agrisud)
- **Novembre 2020** : Debriefing des résultats et perceptions par les productrices de KOK et Tawa Fall (collaboration Cirad/Agrisud)
- **Décembre 2020 / Fév 2021** : Formation à la fabrication et à l'utilisation des MAB / 3 étapes (collaboration Cirad/Agrisud)
- **2021** : Déploiement de la formation initiale à grande échelle (Agrisud)
- **Jan 2023** : bilan de l'adoption des MAB (Agrisud)

Diapositive 4

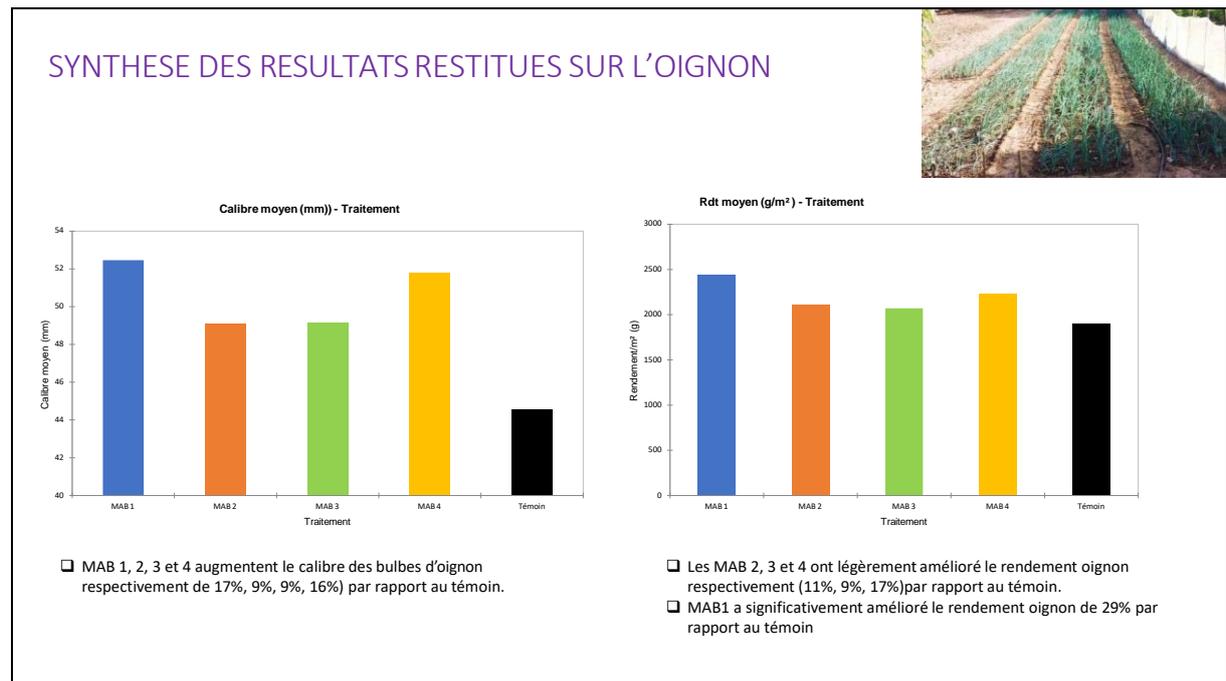
SYNTHESE DES RESULTATS RESTITUES SUR LA LAITUE



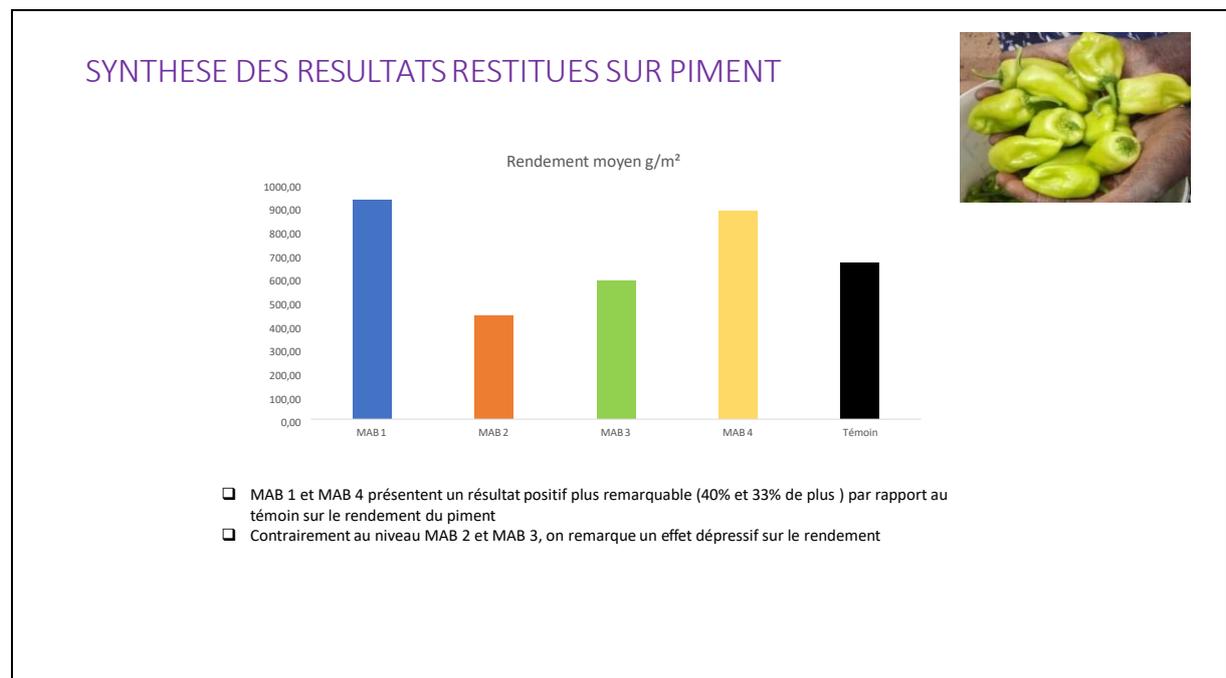
- ❑ Différence sur le poids des pieds largement supérieure au niveau MAB 1, 2 et 4 par rapport au témoin. MAB4 étant le produit le plus significatif (108%)
- ❑ Le MAB3 a donné aussi un résultat positif, mais avec une légère différence par rapport au témoin
- ❑ MAB 4 réduit significativement l'incidence des nématodes à galles

- ❑ Des résultats positifs de diminution de l'infestation des nématodes sont observés au MAB 1, 2 et 4 avec une diminution plus significative de 82% au niveau du MAB4 par rapport au témoin.
- ❑ Pratiquement pas de différence sur l'indice de présence des galles entre le témoin et le MAB3

Diapositive 5



Diapositive 6



La perception des productrices

- Un retour positif sur les expérimentations
- Un intérêt à disposer des reliquats de produits testés pour les utiliser de façon autonome
- Une demande pour être formées à la fabrication et à l'utilisation des MAB
 - Formation pratique en 3 étapes réalisée entre décembre 2020 et février 2021 (18 RESFOR et 3 techniciens)
 - Une fiche de formation / capitalisation réalisée par Agrisud



Diffusion de la technologie à grande échelle

- Après la formation initiale, d'autres formations ont été réalisées par les RESFOR assistés par les techniciens du PRPA au niveau de Tawa Fall (117 bénéficiaires) et KOK (38 bénéficiaires)
- Après cette série de formations, les TPE de Tawa Fall et celles de Keur Ousmane Kane se sont lancées immédiatement dans la multiplication des solutions et à appliquer les produits à base de MAB dans leurs parcelles maraîchères :
 - 46 adoptantes à KOK
 - 102 adoptantes à Tawa Falldurant la campagne 2021-2022



Diapositive 9

Bilan à 2 ans post formation MAB

- 148 utilisatrices récurrentes 24 mois après la formation initiale
- En termes de données technico-économiques, les résultats de la campagne maraîchère 2021-2022 ont connu une amélioration par rapport aux années précédentes et les produits MAB combinés avec l'application d'autres pratiques agroécologiques telles que le fumier recyclé, le BFL, les biopesticides, la pépinière sur pilotis, ... déjà assimilées par les TPE, y semblent avoir joué un rôle très important.
- Les témoignages des TPE révèlent que les produits à base de MAB sont d'excellents produits de lutte contre les nématodes
- L'utilisation des MAB a permis notamment d'accroître la durée de stockage des oignons
 - obtention d'un meilleur prix du marché (de 300 à 1 000 CFA/Kg)

Diapositive 10

Quelques témoignages des TPE

« Avec la qualité des oignon produits avec les MAB combinés aux autres pratiques agroécologiques, je préfère vendre une petite quantité pour payer les factures d'eau et stocker la plus grande partie de la production qui sera vendue par kg à un prix plus intéressant. Les oignons stockés n'auront aucun problème jusqu'à ce que le prix d'achat augmente. Avant de les récolter, je les laisse sur place au sol, le temps du ressuyage. Les produits sont très bons sur les cultures. »



TPE Woré DIOUF de Tawa Fall sur l'oignon

« L'effet des MAB sur les nématodes s'observent vers midi jusqu'à 14h où on voit certaines plantes qui n'ont pas été bénéficiaires MAB commencer à faner, tandis que sur les cultures où les MAB sont appliqués, le système foliaire reste normal. En plus sur les solanacées, on constate plus de développement des cultures, plus de floraison et même plus de production chez les plantes bénéficiant des MAB. La peau des fruits est plus épaisse et les fruits ne se gâtent pas facilement. »

TPE Soda GUEYE de KOK sur le piment



Diapositive 11



« Moi pour ma tomate de cette année, j'ai vu une production presque semblable à celle de la première année (2019 année de collaboration avec Agrisud). J'avais 6 planches de 7 m² et chaque mardi je récoltais presque 2 à 3 cageots (20 à 60 kg). En plus cette année, je n'ai pas vu des symptômes de nématodes sur les plantes de tomates. »

TPE Sokhna GUEYE de Tawa Fall sur la tomate

« Au niveau du marché de BBG, les clients viennent toujours en premier vers nous pour acheter notre laitue car nous avons les plus grosses laitues et en plus même si ça tarde à se vendre, nous ne sommes pas inquiétées car ça peut résister jusqu'à midi ou 13 heures parfois en attendant l'arrivée d'autres clients. Tout ça c'est grâce au fumier recyclé, le BFL et le MAB qu'on applique là-dessus. »



TPE Anta DIENE de KOK sur la laitue



Diapositive 12

Conclusions

- Compatibilité de l'utilisation des MAB avec les autres pratiques AE diffusées
- Plus-value observée sur les différentes cultures maraichères traitées
 - Augmentation du rendement
 - Diminution de l'incidence des nématodes à galles
 - Allongement de la durée de conservation de l'oignon
 - Vigueur des plantes
- Facilité d'utilisation (pulvérisation foliaire et arrosage)
- Coût de fabrication faible





DISCUSSION

J'ai deux questions : Concernant vos questions sur les "MABs" (produits à base de micro-organismes) :

- **Ils s'intègrent auprès de producteurs et productrices, notamment chez des femmes ?**

L'adoption de ces pratiques en maraîchage est courante, mais il existe également d'autres types de pratiques agroécologiques adoptées par différents acteurs. En effet, nous travaillons avec des réseaux qui cumulent diverses pratiques au fil du temps.

Est-ce que vous les avez testés ?

Vous avez des projets qui cherchent à aller au-delà de ces réseaux et à rencontrer des personnes, notamment des maraîchers, qui s'écartent un peu de ces pratiques courantes. En effet, le maraîchage au Sénégal, comme ailleurs, est souvent très intensif en produits chimiques, ce qui entraîne une forte intensification. Cette pratique est relativement récente, et c'est mon deuxième point.

Lors de notre échange précédent, vous avez mentionné l'augmentation du prix de l'oignon. Y a-t-il beaucoup de difficultés liées à cette situation ? Quelle est la part de cette hausse des prix en général, et quelle part serait liée à la qualité spécifique des oignons obtenus dans le cadre de ce projet ?

Khassime MBODJ : Effectivement, au Sénégal, il faut le souligner. Beaucoup de personnes se lancent dans la culture de l'oignon. Cependant, il y a parfois une surproduction d'oignons sur les marchés, ce qui entraîne généralement une baisse des prix. Une particularité à noter est que ces oignons sont souvent associés à d'autres pratiques écologiques.

Elle vise à réduire pratiquement le coût des intrants, ce qui est une avancée intéressante pour les producteurs. Mais je rappelle que les produits, pour les TPE (très petites entreprises), ce n'est pas seulement en décembre, mais c'est toute l'année. Ces produits permettent aux TPE de prolonger encore la durée de conservation. Qu'est-ce que cela signifie ? Cela veut dire que quelqu'un qui produit des oignons n'est pas obligé de vendre tout de suite ses oignons parce qu'il est sûr que ses oignons se conserveront jusqu'à 4 mois ou plus. Ainsi, il peut attendre des conditions plus favorables pour les écouler. Donc, il y a un avantage indéniable. Et oui, effectivement, les produits, en fait au-delà du MAB, concernent tous les produits agricoles que nous transférons aux producteurs. Ça ne se limite pas simplement au maraîchage, mais également à d'autres produits. Ils sont transférés dans le cadre des grandes cultures. Comme vous l'avez mentionné, la maîtrise est beaucoup plus observée au niveau du maraîchage.

Je vais compléter rapidement. L'idée était d'accompagner ces femmes qui travaillaient depuis plusieurs années avec déjà un ensemble de pratiques agroécologiques transférées. L'objectif de cette expérimentation était de déterminer si l'ajout de cette technologie apportait quelque chose en plus, ou si le package existant était déjà suffisant. En ce qui concerne le retour d'expérience des consommateurs finaux concernant ces pratiques, il serait intéressant de mener des enquêtes ou des entretiens avec les acheteurs d'oignons pour recueillir leurs impressions. Vous pouvez poser des questions sur la qualité, la durée de conservation et le goût des oignons produits avec ces pratiques agroécologiques. Cela vous permettra d'évaluer leur perception et d'identifier les avantages perçus par les consommateurs.

Quant à l'approche utilisée pour sensibiliser les acheteurs, je vous encourage à explorer différentes méthodes telles que des campagnes de sensibilisation, des étiquettes d'information sur les produits ou des événements de dégustation. Pour convaincre les consommateurs de l'efficacité de ces produits à base de biofertilisants, nous organisons des ateliers interprofessionnels. Lors de ces ateliers, nous invitons les opérateurs et les acteurs du marché à participer. C'est l'occasion pour nous de présenter les avantages de ces produits issus de pratiques écologiques. Parfois, nous organisons également des visites sur le terrain pour montrer comment ces pratiques agroécologiques sont adaptées aux différents contextes.

Au-delà de ça, une fois que les acheteurs sont sensibilisés, ils reconnaissent ensuite la qualité du produit. Cela s'explique par l'absence de transport frigorifique, ce qui permet aux produits de se conserver mieux jusqu'à Dakar. Lorsque le marché hebdomadaire est ouvert, les produits agroécologiques partent immédiatement. Ils sont désormais reconnus et donc rapidement commercialisés, même si le prix est équivalent. Nous savons qu'ils se conserveront mieux.

Bertrand Mathieu AVSF

FORMATIONS POUR LA REDUCTION D'USAGE DES PESTICIDES ET DES RISQUES : ADAPTATIONS AUX BIO-PRODUITS BASES SUR LES MICRO-ORGANISMES ?

Diapositive 1



AVSF
AGRONOMES & VÉTÉRINAIRES
SANS FRONTIÈRES
RESEAU VVF INTERNATIONAL

Formation pour la réduction d'usage
des pesticides et des risques :
adaptations aux bio-produits basés
sur les micro-organismes ?

Bertrand MATHIEU, AVSF

Atelier CIRAD-Initiative PRETAG : Innovations bioproduits à base de micro-organismes pour réduire les pesticides dans l'agriculture : potentialités et risques – 16/02/2024

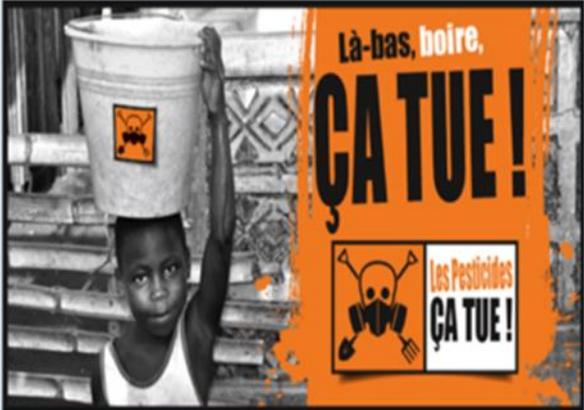
Diapositive 2



AVSF
AGRONOMES & VÉTÉRINAIRES
SANS FRONTIÈRES
RESEAU VVF INTERNATIONAL

Problématiques des pesticides et
produits vétérinaires chez AVSF

- Entre condamnation et échanges techniques sur usage raisonné
- Montée en puissance de l'approche One Health



→ Création d'un groupe de travail ALTERPESTIMED en 2019

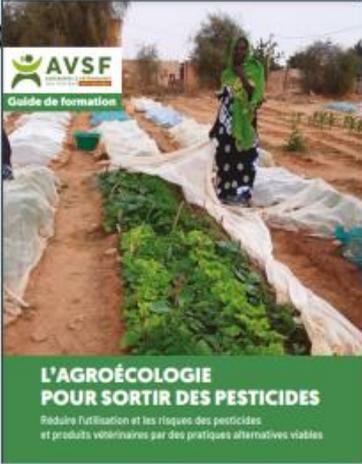
Diapositive 3

 **AVSF**
AGRONOMES &
VÉTÉRINAIRES
SANS FRONTIÈRES
RESEAU VET INTERNATIONAL

Guide et démarche de formation

- Ouvrage collectif (AVSF, RECA Niger, CIRAD, etc.)
- A l'usage de techniciens, animateurs/OPA
- Public cible : producteurs.trices/techniciens

Module 1 : Diagnostics participatifs préalables
Module 2 : Prévention des risques des pesticides
Module 3 : Promotion d'alternatives aux pesticides
Module 4 : Réduction des herbicides
Module 5 : Amélioration usage produits vétérinaires
Module 6 : Informations et mobilisations citoyennes



**L'AGROÉCOLOGIE
POUR SORTIR DES PESTICIDES**
Réduire l'utilisation et les risques des pesticides
et produits vétérinaires par des pratiques alternatives viables

→ Ateliers de formation-échanges sur la prévention des risques et la promotion d'alternatives agroécologiques dans une démarche One Health

Diapositive 4

 **AVSF**
AGRONOMES &
VÉTÉRINAIRES
SANS FRONTIÈRES
RESEAU VET INTERNATIONAL

Mise en œuvre des formations depuis 2021

- Ateliers de formation dans 7 pays (AO, Madagascar, Equateur, France)
- Environ 350 personnes formées (une centaine de producteurs.trices)
- Plus de 25 partenaires (OP, ONG, Recherche, Réseaux, Institutions)
- Pesticides et produits vétérinaires abordés conjointement

1 Formation en Côte d'Ivoire avec la coopérative SCEB et INADES Formation
→ projet « Biofabriques »



Diapositive 5

 **AVSF**
AGRONOMES &
VÉTÉRIAIRES
SANS FRONTIÈRES
RESEAU FOR INTERNATIONAL

Quelle contenu d'une formation adaptée aux bio-produits ?

Une démarche similaire?

- M1 : Diagnostics participatifs préalables
- M2 : Caractérisation des bio-produits existants
- M3 : Quelles options dans le territoire considérée?
- M5 : Quelles applications dans le domaine de l'élevage?
- M6 : Cadre règlementaire, reconnaissance de l'usage des BP
- Autres aspects à considérer ?

Diapositive 6

 **AVSF**
AGRONOMES &
VÉTÉRIAIRES
SANS FRONTIÈRES
RESEAU FOR INTERNATIONAL

Diagnostic de l'usage et caractérisation des bio-produits

- Ce qu'on entend par bio-produits à base de micro-organisme
- Possibles effets négatifs et risques
- Aider à s'y retrouver
- Conseil pour utilisation

Expérience du RECA au Niger:
« 1 litre de biofertilisant remplace vos deux sacs d'engrais chimiques »
« Super Gro: fertilisant écologique ni toxique ni caustique !»

Réseau National des Chambres d'Agriculture du Niger
Note d'information / Intrants 2017 / 1



Des produits « miracles » sont proposés aux producteurs, de quoi s'agit-il ?

11 janvier 2017 / Aminou Salyou, Aissa Kouba (RECA)

Ces produits sont de plus en plus l'objet de « démarchage » avec des vendeurs recrutés par les firmes qui passent de site de production en site de production. C'est le principe de la vente à domicile adaptée au Niger.

 <p>Région de Tahoua</p>	 <p>Région de Niamey et Tillabéri</p>	
---	---	---

Diapositive 7

 **AVSF**
AGRONOMES & VÉTÉRINAIRES
SANS FRONTIÈRES
BUREAU FPO INTERNATIONAL

Formation sur usage de bio-produits dans le territoire considéré

 **Terre & Humanisme**
Agroécologie à l'échelle humaine

Guide de fabrication et d'utilisation de la Litière Forestière Fermentée (Li-Fo-Fer)

« COOPÉRONS AVEC NOS AMIS LES MICROBES ! »

2013



GUIDE PRATIQUE POUR LA MISE EN PLACE D'UNE BIOFABRIQUE ET L'ÉLABORATION DE BIO-INTRANTS

Des recettes simples et économiques pour des cultures saines et abondantes.

- Rappel des principes de base de l'agronomie et agroécologie → **bio-produits, un des éléments d'une conduite AE de systèmes de culture**
- Mode de préparation et d'application, conditions de leur efficacité, tester l'intérêt agronomique en fonction des sols

Diapositive 8

 **AVSF**
AGRONOMES & VÉTÉRINAIRES
SANS FRONTIÈRES
BUREAU FPO INTERNATIONAL

D'autres éléments de formation et conseil à développer?

Applications des bio-produits dans le domaine de l'élevage

- Assainissant de litière d'élevage
- Usage de bio-produits en prévention pour réduire l'utilisation des produits vétérinaires → Probiotiques en élevage
- Autres?

BokaFerm (Picou)

Assainissant pour élevage
Formulé à partir de LiFoFer
100% d'origine naturelle
Fabrication artisanale

Besoins de plaidoyer et mobilisation pour la reconnaissance de l'usage et de l'échange de ces bioproducts ?

Législation, homologation, information des Bio-produits commerciaux



DISCUSSION

Merci Bertrand. Tu nous rappelles donc la nécessité de mieux se mobiliser pour stabiliser des mécanismes de formation et des outils de formation dans le contexte de l'agriculture tropicale, afin qu'ils soient adaptés à ces nouveaux produits. L'essentiel des formations que tu as présentées portait sur les pesticides, et la question se pose quant à leur adaptation aux nouveaux entrants.

Dorian Felix, Agriculteur

La Lifofer, l'innovation paysanne et les échanges d'expériences à Cuba

Diapositive 1



Diapositive 2

La Lifofer, l'innovation paysanne et les échanges d'expériences

- 2013-2016 missions de découvertes du **mouvement agroécologique cubain** pour Terre et Humanisme / ANAP
- 2017-2024 petite **ferme** en polyculture élevage en Ardèche méridionale
- 2024-... De nouvelles **perspectives** d'échanges entre paysans, techniciens et chercheurs entre Cuba et le monde ?

Diapositive 3

2013-2016 missions de découvertes du mouvement agroécologique cubain



A la rencontre :

- des acteurs du mouvement
 - Paysans, organisations paysannes (coopératives...)
 - Techniciens municipaux, organismes de recherche décentralisés,
 - Universités, enseignement agricole, écoles primaires et secondaires...
- ... et des nombreuses passerelles qui existent entre eux
 - Mouvement Agroécologique de Paysan à Paysan (MACAC)
 - Programme d'appui aux Innovations Agricoles Locales (PIAL)
 - Programme de l'agriculture urbaine et périurbaine (PAUS)
- des techniques innovantes autour de l'agroécologie

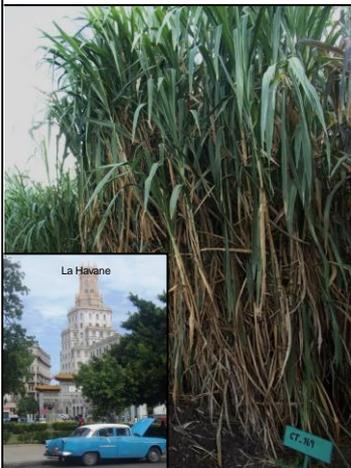
Diapositive 4

Un héritage colonial qui influence le modèle révolutionnaire, encouragé par les échanges commerciaux au sein du bloc soviétique

Avant la révolution, 75% des terres appartenaient à 10% des propriétaires fonciers.

13 compagnies nord-américaines détenaient 1.6 millions d'hectares de terre, soit 25% des terres arables du pays (Acosta 1972).

Monocultures de rentes: canne à sucre, tabac...



Diapositive 5

Le « *Periodo Especial* »

Avec la chute du mur de Berlin et la disparition du CAEM (Conseil d'Assistance Économique Mutuelle pour les pays du bloc soviétique), l'économie cubaine connaît une forte crise à la fin du 20^{ème} siècle.

De 1990 à 1993, le PIB chute de 34.8%. La production agricole, trop dépendante d'intrants qui n'arrivent plus (pétrole, produits phytosanitaires, pièces mécaniques), chute de 50%...

Le nombre de tracteurs passe de 100.000 à 10.000 et l'usage de pesticides et d'engrais minéraux est réduit de 70%, au cours des années 90.

De nombreuses innovations sont mises en œuvre par le secteur paysan pour s'adapter, alors que les entreprises agricoles de l'État connaissent de grandes difficultés.

Diapositive 6

L'importance de la petite paysannerie pour faire face au *Periodo Especial*

- 1997 : le Vème congrès du PCC fait de la souveraineté alimentaire un objectif principal
- 2006 : les petits paysans cubains produisent 65% des aliments intra-consommés dans le pays avec seulement 25% des terres agricoles.
- Grâce aux petits paysans et au PAUS, le pays réduit tant bien que mal sa dépendance aux importations



Redistribution en usufruit des terres de l'État et retour à la terre pour nombre de citoyens (jeunes, fonctionnaires...)

De nombreux paysans-chercheurs capables de vérifier et d'explicitier leurs découvertes

Diapositive 7

Réappropriation et innovation agroécologique

Face à la crise économique et alimentaire, l'agroécologie a permis de limiter la dépendance aux importations :

- Réappropriation de pratiques traditionnelles
 - Traction animale
 - Engrais organiques
 - Associations/rotations de cultures
 - Complémentarités agriculture/élevage
 - Conservation des sols : haies, agroforesteries...
- Innovations :
 - Biocontrôle à l'échelle paysanne, coopérative ou municipale (CREE), auxiliaires de culture...
 - Biofertilisants (lombricomposts, fermentations de plantes, engrais foliaires...)
 - Biogaz
 - Microorganismes
 - IH Plus (Lifofer) disponible dans le commerce (Labiofam), au sein des coopératives mais aussi souvent produit par les paysans
 - Champignons antagonistes de pathogènes du sol (*Trichoderma sp.* contre la fusariose, mais aussi contre certains nématodes, *Verticillium lecanii*)
 - Champignons entomopathogènes , (*Verticillium lecanii*, *Beauveria bassiana*, *Metharizium anisopliae*...)
 - Champignons mycorhiziens
 - Bactéries fixatrices d'azote (Rhizobium, azotobacter...)

Diapositive 8

Associations agroforestières

Différents systèmes agroforestiers parmi ceux observables à Cuba :

- Avocatiers-Haricots
- Manguiers-Choux
- Goyaviers-Tomate-Canne fourragère
- Arbres légumineux-Banane-Café
- Avocatiers-Goyaviers-Haricots
- Forêt-Banane-Tarot-Café



Diapositive 9



Diapositive 10



Diapositive 11

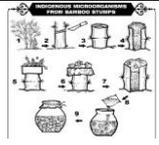
Aux origines de la Lifofer...

- **Depuis des siècles** : bokashis traditionnels chez les paysans en Asie. Origine des EM controversée... Corée, Inde, Japon...? (IMO : Indigenous MicroOrganisms, Dr Cho's Natural Farming, 1965...)
- **Années 80** : Tero Higa développe la technologie des EM au Japon
- **1986** : les EM arrivent en Amérique Latine via la coopération japonaise (JICA) au Costa Rica (notamment auprès de Juan José Paniagua)
- **1988** : Shogo Sasaki enseigne les techniques de production artisanale des EM à l'APODAR (Asociación de Productores Orgánicos de Alfaró Ruiz) au Costa Rica
- **Années 90** : Développement de technologies alternatives de production de microorganismes en Amérique centrale (MicroBen, MBN, MAB, Micoorganismos de Montaña, bokashis...) et au-delà...
- **Milieu des années 2000** : Introduction de la technique de production artisanale à Cuba lors d'un échange paysan (mouvement d'agriculture biologique costaricien, UNAG?) et diffusion via Indio Hatuey et le PIAL
- **2011** : ... puis en Guadeloupe grâce aux échanges paysans de l'APECA (Association pour une agriculture Paysanne et Écologique dans la Caraïbe)
- **2014** : ... et plus tardivement en métropole, notamment via Terre et Humanisme qui la rebaptise Lifofer et contribue à sa diffusion en France et en dans divers pays d'Afrique
- En parallèle, les techniques latinoaméricaines s'exportent en (JJ Paniagua, Jairo Restrepo...) en Europe (Espagne, Italie, RU, Benelux...) et ailleurs dans le monde (notamment en Afrique).

Diapositive 12



Des techniques qui évoluent



- A l'origine, les microorganismes indigènes (IMO) étaient collectés dans des récipients en bois (bambou...) remplis de riz cuit... (technique encore observable en Amérique Latine)
- La technique à base de litière forestière est apparue par la suite (où et quand?)
- L'ajout de petit lait s'est ensuite répandu afin de supprimer d'éventuels pathogènes et de garantir l'innocuité
- Depuis, les pratiques se sont multipliées et les recettes ont évoluées :
 - M5 au Costa Rica (piment, ail, oignon, feuilles odorantes, alcool, vinaigre, alcool...) pour le contrôle des ravageurs et maladies
 - Autres biols, ajouts de minéraux, plantes, engrais organiques...
 - A Cuba, ajout de moringa, neem, Cedrela odorata, Cordia gerascanthus, « ortie », prêle, origan, tagete, exsudat de lombricomposts, effluents de biodigesteur, etc. aux fermentations liquides...
 - APECA en Guadeloupe également

Une petite ferme en polyculture élevage en Ardèche méridionale



Sur ma ferme en Ardèche méridionale :

- Autoproduction de Lifer (1 bidon de 200 litres de Lifer solide chaque année)
- Utilisation sur l'élevage de volailles :
 - Eau de boisson (dilution 2-5%)
 - Nettoyage des poulaillers (aspersion des litières dilution 5%)
 - Compostage des fumiers (aspersion avec une dilution de 5 à 10%)
- Utilisation indirecte sur les vergers par l'apport de fumier composté
- Résultats empiriques (digestion, santé, mortalité, compostage...)



Continuer d'échanger sur les pratiques autour de la Lifer

- En Amérique Latine et Caraïbes, où ces pratiques continuent d'évoluer
 - A Cuba, avec notamment la complémentarité avec le Biochar (Projet CubaInnovación)
 - Partout ailleurs où les paysans continuent d'expérimenter et d'innover autour de ces pratiques
- En Afrique et dans d'autres pays du monde où ces pratiques sont relativement nouvelles



DISCUSSION

Un contrôle qualité à la fin de chaque production est essentiel, notamment pour vérifier si l'alimentation ne contient pas de pathogènes ou de microorganismes indésirables. Personnellement, je réutilise une partie de ce que j'ai produit l'année précédente. Cela me permet de repartir sur une base que je sais saine. Heureusement, je n'ai jamais rencontré de problèmes, mais j'ai entendu parler de paysans qui ont eu des soucis, comme des bidons qui ont explosé. La technique que j'utilise se base également sur l'odorat. En effet, l'odeur peut nous renseigner sur la qualité du produit. Enfin, le pH (potentiel hydrogène) est un indicateur crucial. Il doit être inférieur à 4 pour un produit fini liquide. Sinon, à Cuba, dès qu'il atteint pH 4, on le jette, mais voilà, c'est très rare. C'est vraiment quand il y a des contaminations. Il est très important de bien choisir le lieu de prélèvement. On devrait aller dans des zones qui sont, par exemple, éloignées de l'activité humaine. Même si, du coup, on s'éloigne des contextes de la parcelle, à partir du moment où on le cherche localement, on peut imaginer qu'on garde cet intérêt d'avoir des micro-organismes récoltés localement.

Samira : J'aurais une remarque. Quand on utilise le terme 'laboratoire-isation', comme nous en avons parlé ce matin, on a l'impression que ce sont des choses qui sont développées dans les laboratoires et qu'ensuite elles sont appliquées. Notre collègue a bien expliqué comment, ensuite, il y a des interactions avec les autres acteurs. Cependant, il est évident que certaines pratiques, comme celles que j'ai étudiées sur l'utilisation des plantes comme alternatives aux antibiotiques en aquaculture, existent depuis très longtemps. Maintenant que nous nous y intéressons dans nos laboratoires, nous avons l'impression d'apporter quelque chose de nouveau. Je serai ravie de vous aider à trouver un terme équivalent pour décrire cet apport précieux qui provient du monde paysan et rural. Vous avez mentionné le terme "laboratoire isation", mais vous peut aussi utiliser le mot **ruralisation** où on va chercher des informations sur la médecine traditionnelle et des choses empiriques, et nous après bien sûr, nous sommes des chercheurs, on apporte d'autres connaissances ; mais aussi reconnaître tout le bénéfice de ces choses qui sont très anciennes et qui sont basées sur des savoirs traditionnels. En France et en Europe, il existe en effet un écart entre la recherche académique et les pratiques rurales. Cependant, reconnaître et valoriser ces savoirs traditionnels peut contribuer à une meilleure compréhension des enjeux de santé et de développement durable.

Et c'est vrai qu'en Amérique latine, moi, j'ai découvert quelque chose de totalement différent, avec beaucoup plus de coopération, beaucoup plus de communication, de confiance mutuelle entre les gens. C'est quelque chose qui manque un peu ici. Donc, si quelqu'un a une idée pour trouver l'inverse du mot 'Laboratorisation', je suis preneur. Oui, je ne sais pas si 'ruralisation' pourrait convenir, mais j'ai deux questions : **savez-vous s'il existe encore des gens dans le monde qui utilisent la technique de la cuisson du riz ?** Implantée dans du bambou, cette méthode m'intéresse. Je me demande s'il y a des endroits où les gens la pratiquent. Et du coup, **est-ce que c'est utilisé pour ensemercer après ?** Je n'ai pas vu cela au Nicaragua moi-même, mais j'ai trouvé des publications qui en parlent. Je pense que ça se fait encore en Amérique centrale. Après donc, une fois que c'est fait, on a récolté des souches. Ensuite, ça sert à préparer un mélange avec de la mélasse et de l'eau. On va les multiplier en fermentation aérobie. Après cela, on continue avec différents processus qui sont également intéressants à étudier, je pense. Mais je ne sais pas s'ils le font encore. En tout cas, c'était intéressant. Ce n'est pas déstructurant, car c'est basé sur de petits prélèvements à petite échelle, réalisés par des petits paysans dans la forêt. Chez lui, je pense qu'il n'y a pas d'impact très fort. Cependant, si cela se multiplie et devient quelque chose à grande échelle, cela pourrait entraîner des conséquences plus importantes. Surtout si des industries s'y intéressent, cela pourrait poser un problème.

C'est pour ça et après tu dis que tes animaux sont en bonne santé ?

Alors, ça, c'est toi qui le sais mieux que moi, mais du coup je me demandais comment tu les évalues ? Enfin, si c'est dû vraiment à ce que tu leur donnes, mes observations elles se valent, en fait j'ai très peu de résultats en curatif, mais par contre, en préventif, quand j'oublie d'en mettre, ça prend un certain temps, mais au bout d'un moment, je commence à avoir une augmentation de la mortalité. Il y aura quelques exemples. Je suis en élevage, naisseur et les petits poussins sont fragiles et c'est facile à voir quand il y a des problèmes. Un comparatif, c'est à dire qu'à des moments tu as arrêté pour des raisons x ou y et tu as vu qu'il y avait un problème et je n'ai pas fait de protocole mais j'ai observé.

Remi : je voulais ajouter un petit complément concernant la récupération de litière dans les forêts.

Autre participant : Intéressant ! Quel est ce complément ?

Remi : il est possible de réaliser des reproductions en cascade de micro-organismes solides. Cette technique a été développée rapidement en Amérique du Sud dans le but de limiter les prélèvements excessifs dans les forêts.

Autre participant : Et comment cela fonctionne-t-il ?

Remi : Lors des formations, on insiste beaucoup sur la nécessité de prélever les milieux forestiers. Nous avons également réalisé des analyses métagénomiques pour étudier l'évolution des micro-organismes au fil des générations. Jusqu'à la cinquième reproduction en cascade, nous constatons une perte très limitée de diversité, notamment du côté fongique.

Autre participant : Intéressant ! **Mais pourquoi est-ce important de préserver cette diversité ?**

Remi : En effet, c'est crucial. Non seulement nous perdons peu de diversité, mais nous risquons également de perdre de la variabilité en retournant chercher de la litière et en refaisant un mélange. Cela reviendrait à repartir sur un nouveau "batch", pour ainsi dire. En laboratoire, nous savons qu'à un moment donné, il peut y avoir une dérive.

Participant 1 : Au niveau de l'évolution, tu n'auras pas la même pression, donc je ne sais pas combien de fois vous le faites, mais ça va.

Participant 2 : Donc, en résumé, c'est sur une période de 5 ans, n'est-ce pas ?

Participant 1 : Peux-tu garder le mélange pendant 2 ans ou 3 ans ?

Participant 2 : J'ai juste une observation sur cette thématique, notamment en ce qui concerne le prélèvement de la litière.

Participant 1 : nos résultats obtenus par métagénomique sur la diversité microbienne nous amènent à nous demander si c'est vraiment utile de mettre de la litière forestière. En d'autres termes, avec les substrats que nous utilisons, en particulier le petit-lait, c'est surtout cela. La façon dont nous cultivons est basée sur des conditions de fermentation strictes, c'est-à-dire en anaérobiose. Nous privilégions énormément les levures et surtout les bactéries lactiques. Ces dernières proviennent du petit-lait que nous utilisons.

Participant 2 : De plus, il y a d'autres micro-organismes qui proviennent d'autres substrats. La question de l'épuisement des sols forestiers et de la surexploitation de la litière se pose en cas d'industrialisation. Cependant, connaissant le rôle que peut jouer l'homme lorsqu'il trouve un bon filon, je pense que nous pouvons être tranquilles de ce côté-là en utilisant de petites quantités de litière forestière. Même par rapport aux recettes préconisées par Terre et Humanisme, que nous utilisons, nous pouvons réduire les proportions. Il n'y a pas de danger,

car le résultat dépend avant tout de la pression de sélection exercée par le mode de culture, plutôt que de la nature des substrats utilisés, en particulier par rapport à la litière forestière.

Participant : À la question de la litière, on a montré que l'on pouvait utiliser différents types de litière. La nature de l'essence forestière et le type de litière n'ont pas vraiment d'impact sur les paramètres que nous avons étudiés, du moins d'après nos résultats.

Participant 1 : Mais du coup, ça sert à quoi de parler de la litière ?

Modérateur : C'est une bonne question. Si la question est de savoir si vous avez effectué des essais sans litière, qu'en est-il ?

Participant 2 : D'accord, mais je ne suis pas sûr de bien comprendre. Vous voulez dire que vous avez utilisé une litière différente ou pas du tout de litière ?

Participant : Il doit y avoir quelque chose. Nous avons trouvé des micro-organismes dans la biodiversité bactérienne qui sont connus pour être présents dans la litière de chêne blanc, par exemple. Mais est-ce que ces micro-organismes jouent vraiment un rôle dans le produit final ?

Participant 1 : Enfin, c'est une question qui se pose. Ce serait très intéressant de faire des essais supplémentaires. Nous avons déjà réalisé des premiers essais l'année dernière en remplaçant la litière par la quantité équivalente de son double. Au niveau de la fermentation, les paramètres physico-chimiques mesurés étaient similaires.

Participant 2 : Nous avons obtenu le même résultat en termes de pH et d'odeur, qui est assez important. Cependant, quand j'utilise cette méthode sur mes fumiers compostés, je constate que de nombreux champignons se développent. Je suis persuadé qu'il y a des champignons présents dans la litière. On retrouve des basidiomycètes quand même dans le sol. On en a un peu, à condition d'avoir de l'oxygène. Cependant, nous n'en avons plus du tout. Les champignons sont aérobies.

Peut-être qu'on les retrouve sous forme de spores ? En 2007, jusqu'à la 4^e génération, on sait qu'il y a des endophytes présents sur le son. Ces micro-organismes sont propres à la céréale, mais normalement, on ne trouve pas ce type de micro-organismes chez les forestiers. Voilà, juste pour ajouter un peu de mystère à tout cela.

La boîte noire s'épaissit, n'est-ce pas ?

Je peux également ajouter une pièce à ce sujet. Parlons des piégeages de micro-organismes dans la nature. Il s'agit de pratiques liées à l'agroalimentaire. Par exemple, pour récupérer des levures utilisées dans la brasserie ou la fabrication du koji, on peut les piéger. De plus, il me semble avoir entendu parler d'une technique utilisée dans le sud de l'Afrique. Ils enterrent des éléments choisis, tels que des bouses dans des cornes, les laissent mûrir, puis les multiplient en phase liquide. Cela permet de réaliser une fermentation solide dans le sol, suivie d'une multiplication liquide ailleurs.

Paula Fernandes et al, Cirad –

LES MICROORGANISMES AUTOCHTONES BENEFIQUES EN AFRIQUE DE L'OUEST ET A CUBA : SYNTHESE DES ACQUIS, RISQUES ET PISTES A EXPLORER

Diapositive 1

AUTOMAR
Métaprogramme
Glofoods

ACEPT-MAB
Fondation de
France

OR4FOOD
Union Africaine

VALIMAB
Fondation
Olga Triballat

AGRECOCARIBE
MAEE - FSPI

TAMCI
PATAE
AFD/CEDEAO

Les Microorganismes Autochtones Bénéfiques en Afrique de l'Ouest et à Cuba : synthèse des acquis, risques et pistes à explorer

P Fernandes (Cirad), K Assigbetsé (Ird), Y Contino Esquijerosa (Eepfih)

Sénégal JM Médoc, S Legros, E Noumsi Foamouhoué, H Mboup, P Salgado, A Zoumman, A Zinsou, PS Diagne, W Thiaw, A Chailleux	Burkina Faso I Traoré, H Beaulieu, O Ouattara, A Rouault (T&H)	Cuba E Padron Cespedes, D Fontes Marrero, O Pino Perez, V Alvarez Villar, , C Mazorra Calero, A Chile BocourtA Perez Martinez, T Dias Perez, JR Ynchausti Rodriguez, Y Leyva Ros, H Banos Diaz, J Martinez Melo, M Soca Perez, JJ Reino Molina, L Bouzo Almeida, A Valdes Suarez, Y Acosta Martinez, J Fernandez Delgado, JO Serrano, F Gonzalez Userralde, G Penton Fernandez, M Suris Campo, A Hernandez Orelly, P Alcantara Rodriguez, D Perez Ramos, JM Salgado Pulido (EPEFIIH, UNICA, CENSA, IIHLD, UG, UART, Bioplantás)
Côte d'Ivoire A de Troij (IECD), M Dosso, T Martin (Cirad)	France P Christen (Ird), E Le Gal, V Abecassis (T&H)	

Diapositive 2

Pourquoi les MAB séduisent ils les producteurs ?

Multifonctionnalité liée à la diversité supposée du mélange

Productivité des animaux d'élevage ?

Amélioration du rendement ?

Contribution à la santé animale?

Réduction des bioagresseurs ?

Dépollution / gestion des effluents ?

Restauration des sols ?

Amélioration de la qualité nutritionnelle des aliments ?

Réduction des stress abiotiques ?

Les MAB : un couteau suisse dans la boîte à outils de la transition agroécologique ?

Contrôle qualité et caractérisation actuelle des produits locaux

Ce qui est fait actuellement (Cuba)

- Caractéristiques organoleptiques
 - odeur, couleur
 - pH
- Quantification / milieu de culture (UFC/ml)
 - Total bactéries aérobies
 - Total bactéries anaérobies
 - Total levures et champignons
 - Total lactobacilles
- Présence ou absence de
 - *Escherichia coli*
 - *Staphylococcus aureus*
 - *Pseudomonas aeruginosa*
 - *Salmonella typhi*
 - *Shigella*
 - Coliformes fécales et totales

UFC/ ml recommandées dans un produit de qualité

- Bactéries acido lactiques 10⁴ UFC/ml
- Bactéries phototrophes 10³ UFC/ml
- Levures 10³ UFC/ml

« Bénéfiques »
avec des seuils minimaux

Pathogènes /
Santé humaine

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

cirad

Les questions que nous nous sommes posées ?

- Quelle est la composition microbienne de ces bioproduits ?
- Quels sont les effets du procédé de fermentation sur cette composition ?
 - Litière brute → Mère solide → Mère liquide
- Comment évoluent les produits au cours du temps de stockage ?
 - -> durées de stockage empiriques
- L'origine géographique/la nature de la litière a-t-elle une influence sur les services attendus du produit ?
- La nature des ingrédients utilisés (substrat carboné) a-t-elle une influence sur la composition microbienne et les services attendus du produit ?
- Les bioproduits démontrent ils les effets suivants :
 - Biostimulation, réduction de bioagresseurs, accroissement du rendement ?
 - Restauration de la biodiversité et de la biomasse microbiennes des sols ?
 - Amélioration de la croissance et de la santé des animaux d'élevage ?
 - Réduction des stress abiotiques ?

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

cirad

Diapositive 5



Caractérisation des communautés microbiennes et dynamique d'évolution

Komi Assigbetsé, Mariama Gueye, Aurel Zoumman (IRD)




Diapositive 6

METHODOLOGY

SOLID MABS



LIQUID MABS



DNA EXTRACTION was performed



MP BIO EXTRACTION Kit for soil

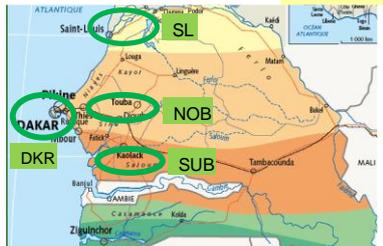


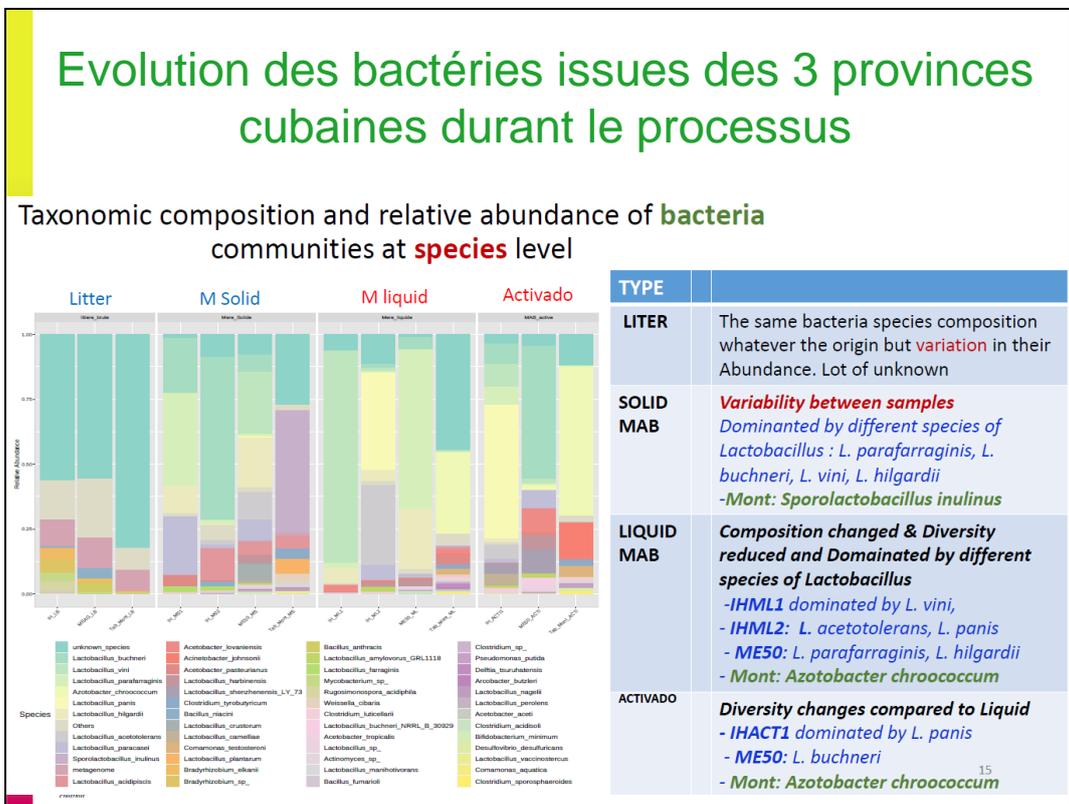
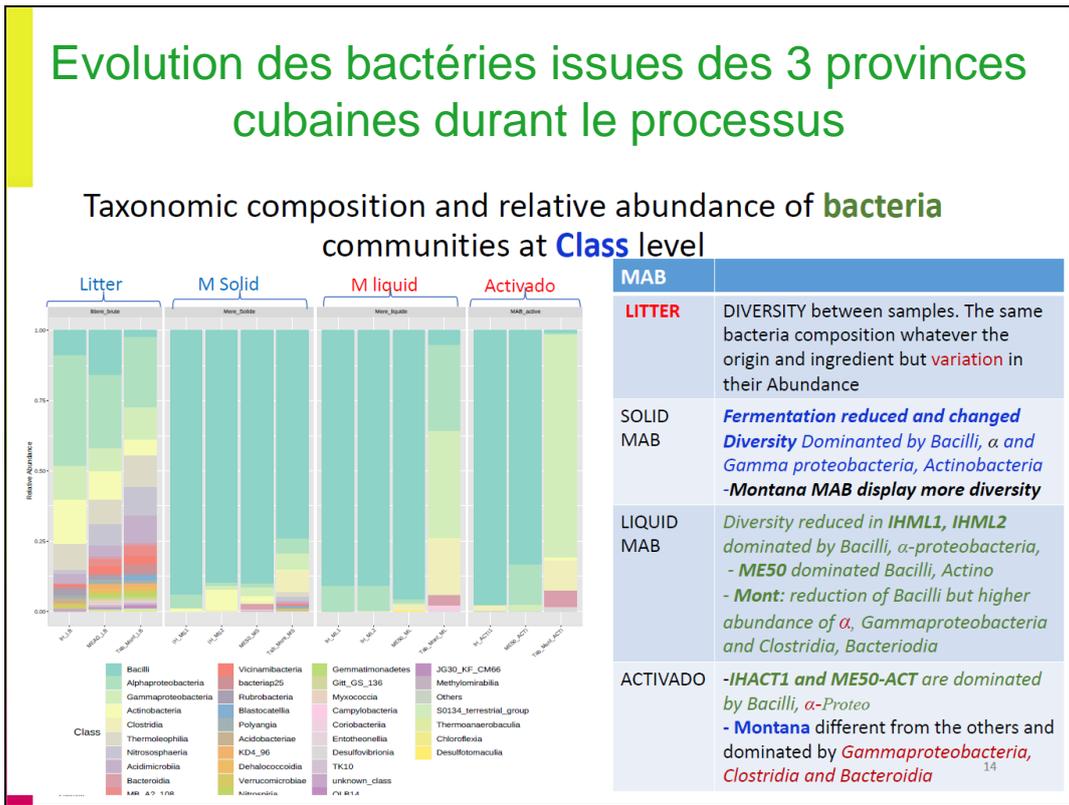
EXTRACTED DNA



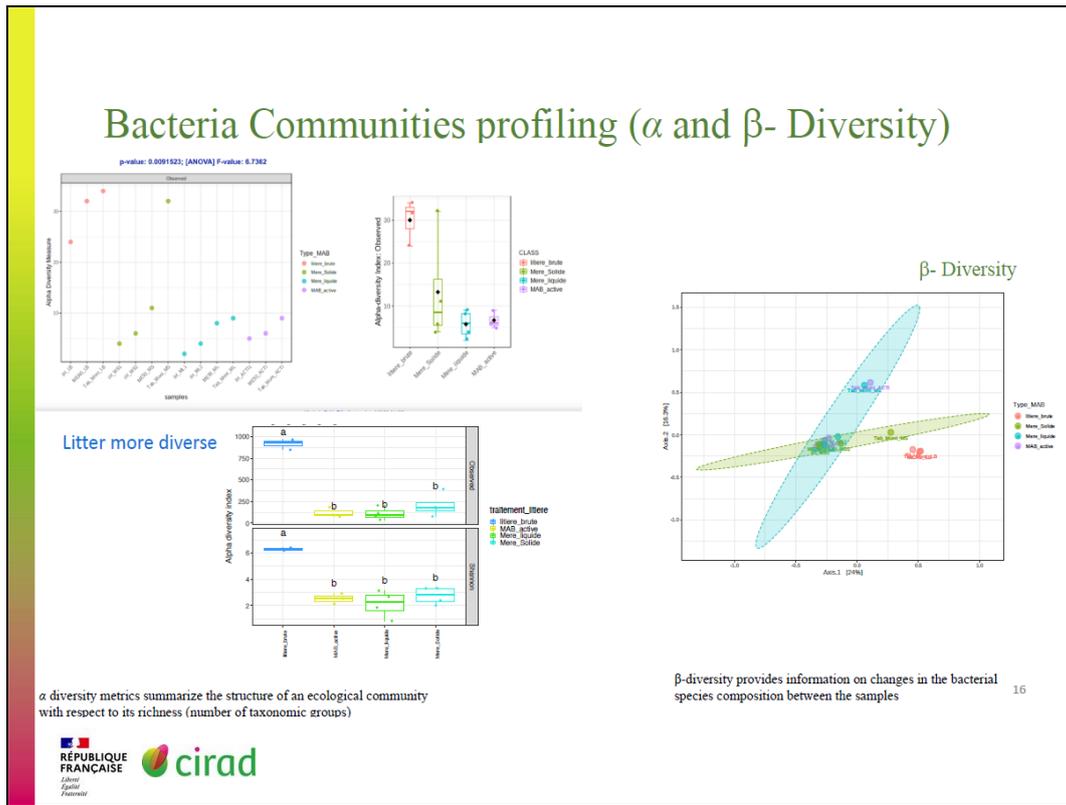
Metabarcoding Sequencing

Each sequence determined within each MABS was assigned to bacterial or fungi PHYLOGENETIC/TAXONOMIC groups through DATA BANK allowing then the determination of **COMPOSITION** and the **ABUNDANCE** of the microbial communities

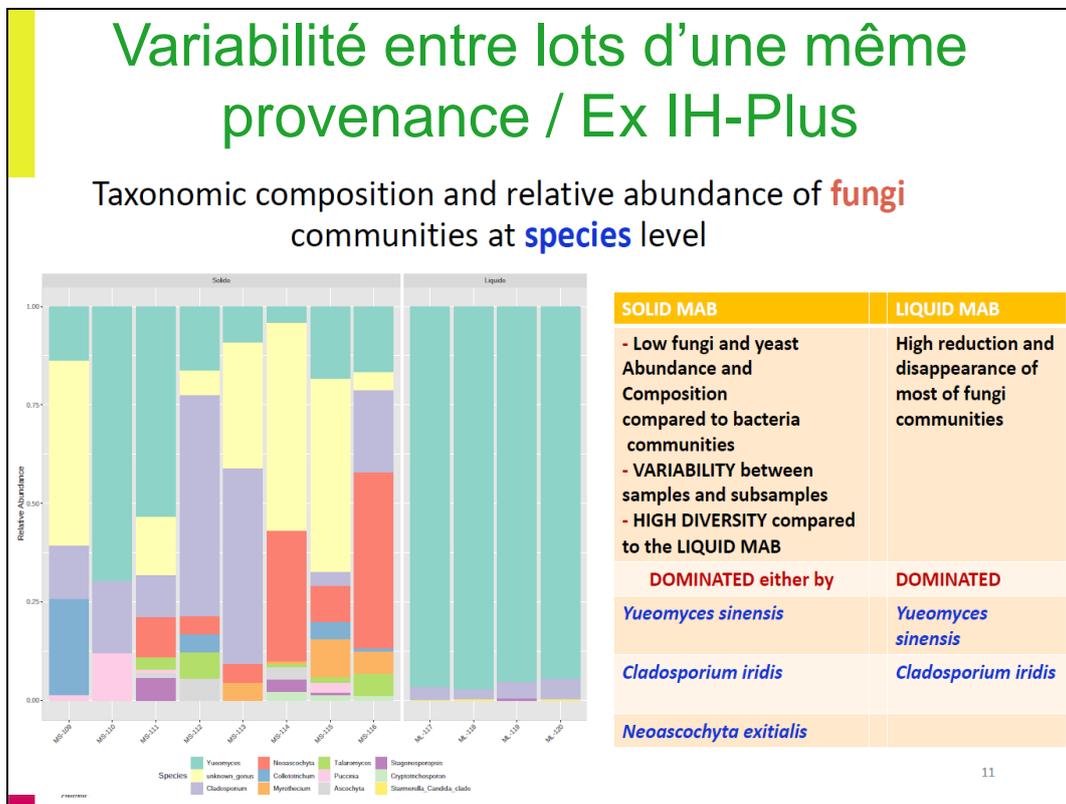





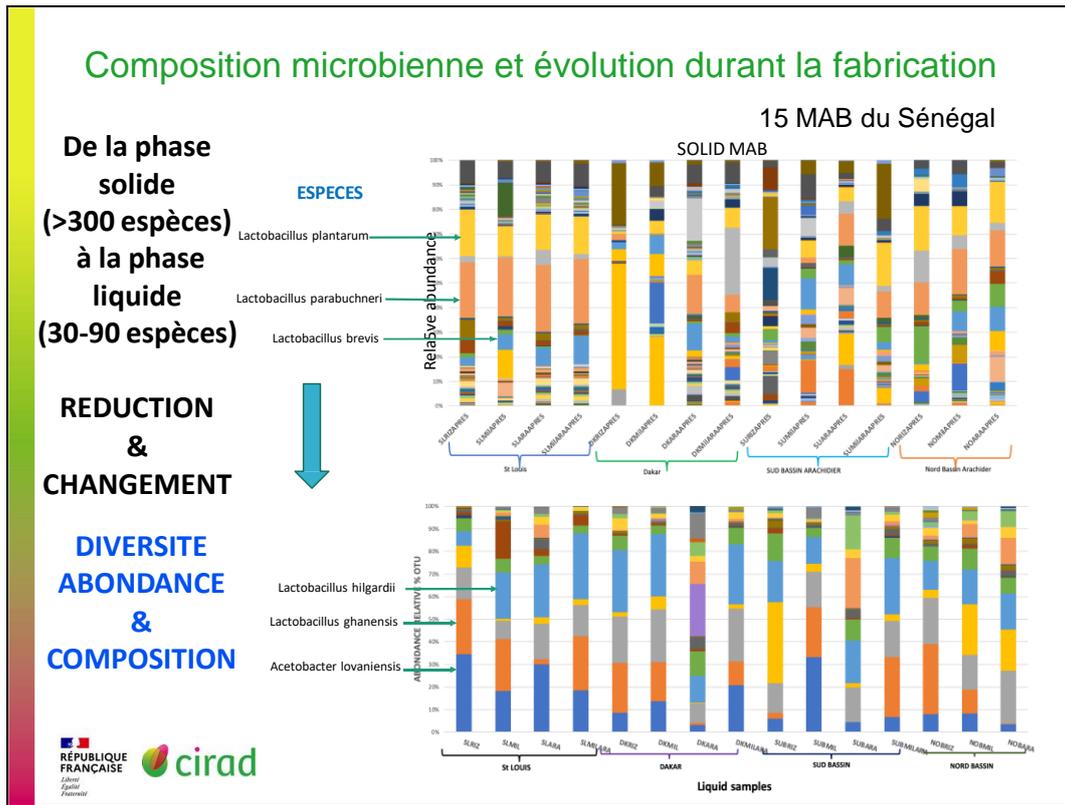
Diapositive 9



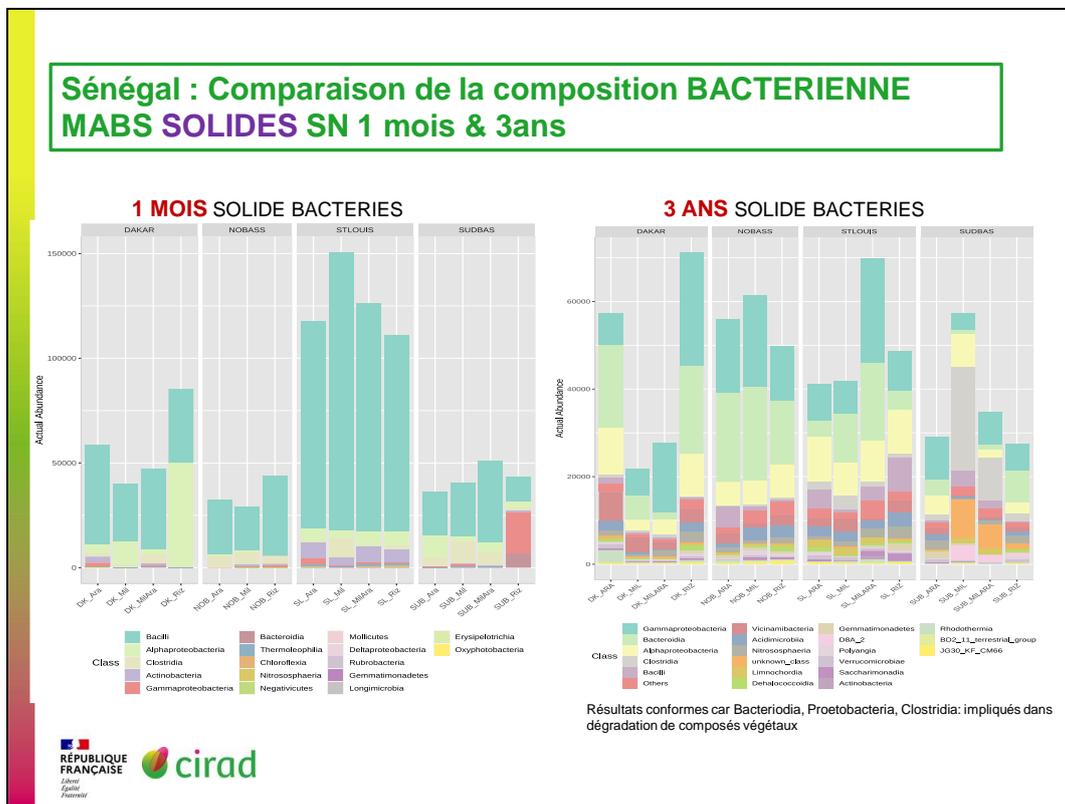
Diapositive 10



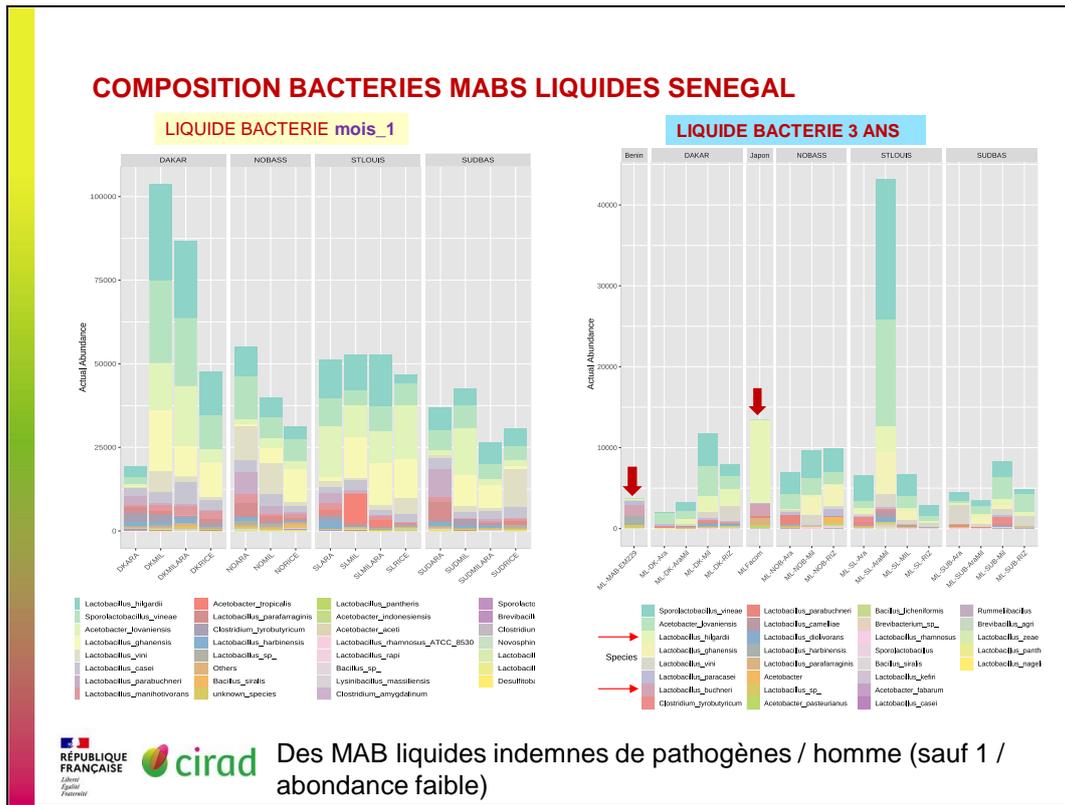
Diapositive 11



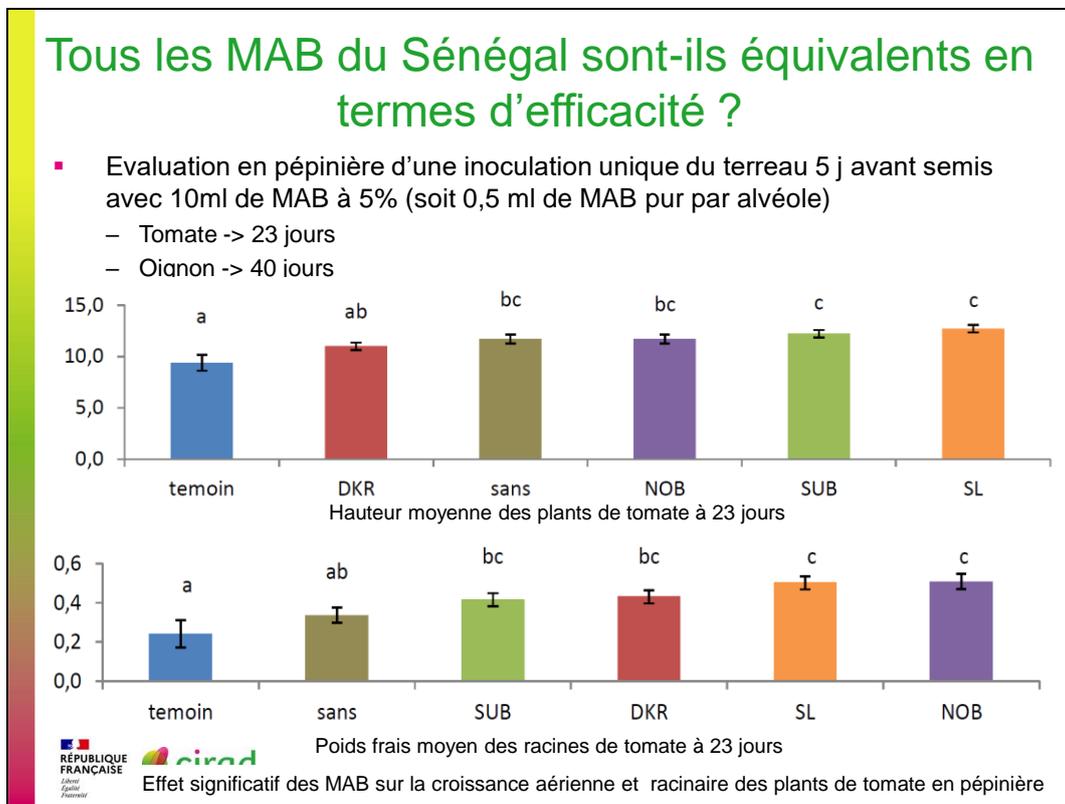
Diapositive 12



Diapositive 13



Diapositive 14



Tous les MAB du Sénégal sont-ils équivalents en termes d'efficacité ?

Evaluation des MAB Sénégal en pépinière de tomate

	%germinaci	Altura	N. hojas	FPF transf	PF Raíces	N. raíces	PS Planta	PS Raíces
M4	90 a	14,613 f	3,988 e	1,371 e	0,695 f	16,658 ab	0,167 d	0,088 b
M6	100 a	12,843 ef	3,715 de	1,180 cde	0,617 ef	16,928 ab	0,125 c	0,047 a
M12	100 a	11,836 cde	3,611 cde	1,249 de	0,482 cde	17,966 b	0,109 bc	0,039 a
M10	100 a	13,476 ef	3,611 cde	1,178 cde	0,378 abcd	15,993 ab	0,113 bc	0,034 a
M16	90 a	12,354 de	3,442 bcd	1,134 bcd	0,455 bcde	17,967 b	0,118 bc	0,037 a
M11	100 a	13,279 ef	3,611 cde	1,170 cde	0,420 abcde	15,059 ab	0,099 abc	0,036 a
M1	80 a	12,114 cde	3,601 cde	1,149 bcd	0,529 def	15,206 ab	0,126 c	0,037 a
M5	100 a	12,955 ef	3,442 bcd	1,098 bcd	0,433 abcde	15,567 ab	0,105 abc	0,032 a
M13	100 a	11,856 cde	3,507 bcde	1,088 bcd	0,399 abcd	16,305 ab	0,096 abc	0,034 a
M8	100 a	10,139 abc	3,224 bcd	0,984 abc	0,455 bcde	17,967 b	0,097 abc	0,030 a
M14	90 a	10,630 abcd	3,006 ab	0,996 abc	0,488 cde	16,440 ab	0,097 abc	0,041 a
M3	90 a	12,409 de	3,333 bcd	1,106 bcd	0,346 abcd	14,039 ab	0,103 abc	0,030 a
M9	90 a	11,734 cde	3,160 abc	0,943 ab	0,363 abcd	17,406 ab	0,082 abc	0,029 a
M2	90 a	11,667 bcde	3,006 ab	0,988 abc	0,411 abcd	13,275 a	0,085 abc	0,030 a
M17	100 a	11,545 bcde	2,988 ab	1,038 bcd	0,233 a	15,993 ab	0,082 abc	0,018 a
M18	80 a	10,630 abcd	3,006 ab	0,979 abc	0,269 ab	17,640 b	0,093 abc	0,020 a
M7	100 a	9,655 ab	2,988 ab	0,962 abc	0,285 abc	15,474 ab	0,090 abc	0,029 a
M19	100 a	8,709 a	2,678 a	0,816 a	0,411 abcd	15,348 ab	0,073 ab	0,030 a
M15	100 a	9,489 a	2,988 ab	0,788 a	0,327 abcd	16,097 ab	0,063 a	0,026 a
Pr > F(modèl)	0,502	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,334	0,000	0,002
Significatif	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui
Pr > F(modal)	0,502	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,334	0,000	0,002
Significatif	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui
Aumento relativo observado								
testigo/mejor MAB		51,40%	33,50%	42,60%	144%	16,10%	85%	207%

grande variabilité de réponse en fonction des MAB

ML fermentée à base de riz sans litière a également un effet positif (M16)

(10 ml de ML à 5% par plantule => 0,5 ml de ML pure)



Essais en milieu réel – Burkina Faso

Partenariat Terre & Humanisme / fermes agroécologiques de Béou Néré (laitue, tomate) et AIDMR (sorgho, niébé)

Projet Acept-Mab

Diapositive 17

Effet du MAB local sur association sorgho-niébé

Rendement du sorgho associé

Traitement	Rendement_2019	Rendement_2020
	kg/ha	
T0: Témoin sans apport	205,56 d	177,21
T1: Aspersion foliaire_MAB	180,56 d	150
T2: Compost simple	333,33 cd	197,21
T3: Compost simple+Aspersion foliaire_MAB	427,78 bc	108,33
T4: Compost enrichi_MAB	500 a	253,88
T5: Compost enrichi_MAB+Aspersion foliaire_MAB	488,89 ab	242,21
Probabilité (5%)	8.86e-06	0,652
Signification	S	NS

Avantage au compost et au compost enrichi

Rendement du niébé associé

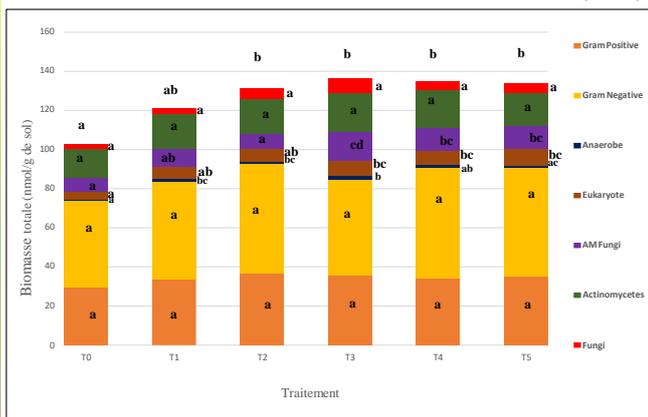
Traitements	Rendement_2019	Rendement_2020
	kg/ha	
T0: Témoin sans apport	277,77 b	139,44
T1: Aspersion foliaire_MAB	238,88 b	155,00
T2: Compost simple	666,66 a	213,11
T3: Compost simple+Aspersion foliaire_MAB	366,66 b	241,67
T4: Compost enrichi_MAB	638,88 a	189,44
T5: Compost enrichi_MAB+Aspersion foliaire_MAB	627,77 a	260,00
Probabilité (5%)	0,00016	0,652
Signification	S	NS

En 2020 très faibles rendements globalement mais les tendances observées restent les mêmes

Diapositive 18

Association Sorgho-Niébé- 2019

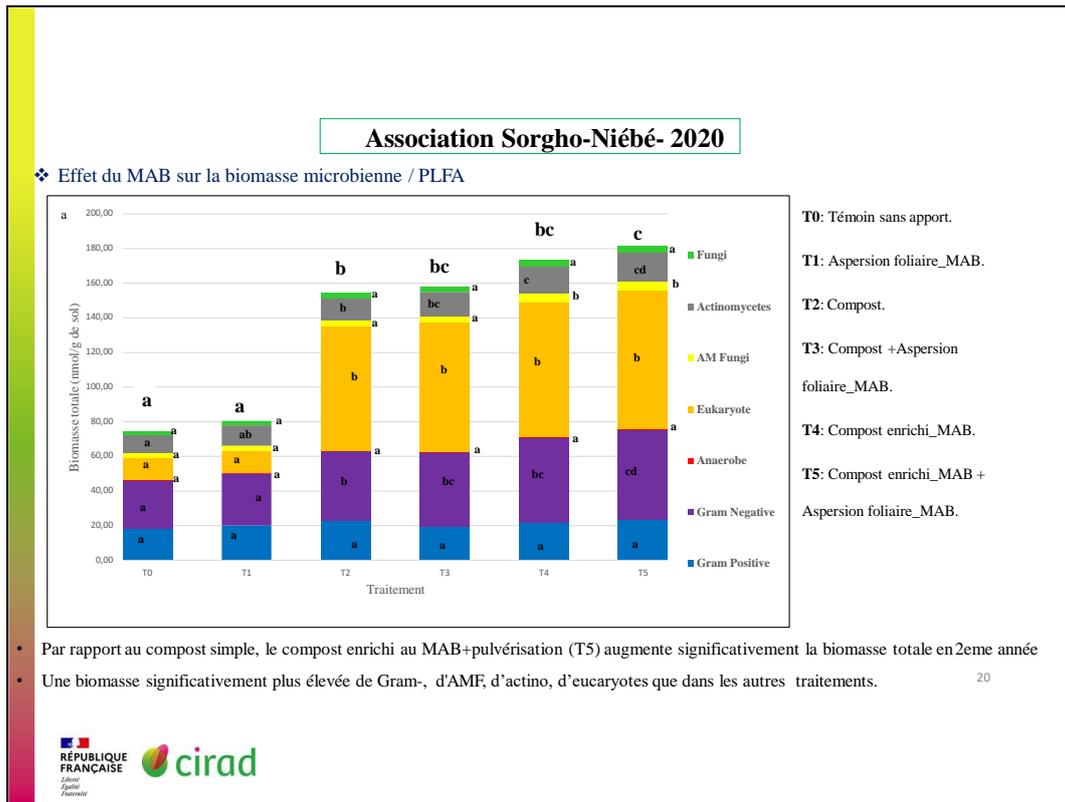
Effet du MAB sur la biomasse microbienne du sol (PLFA)



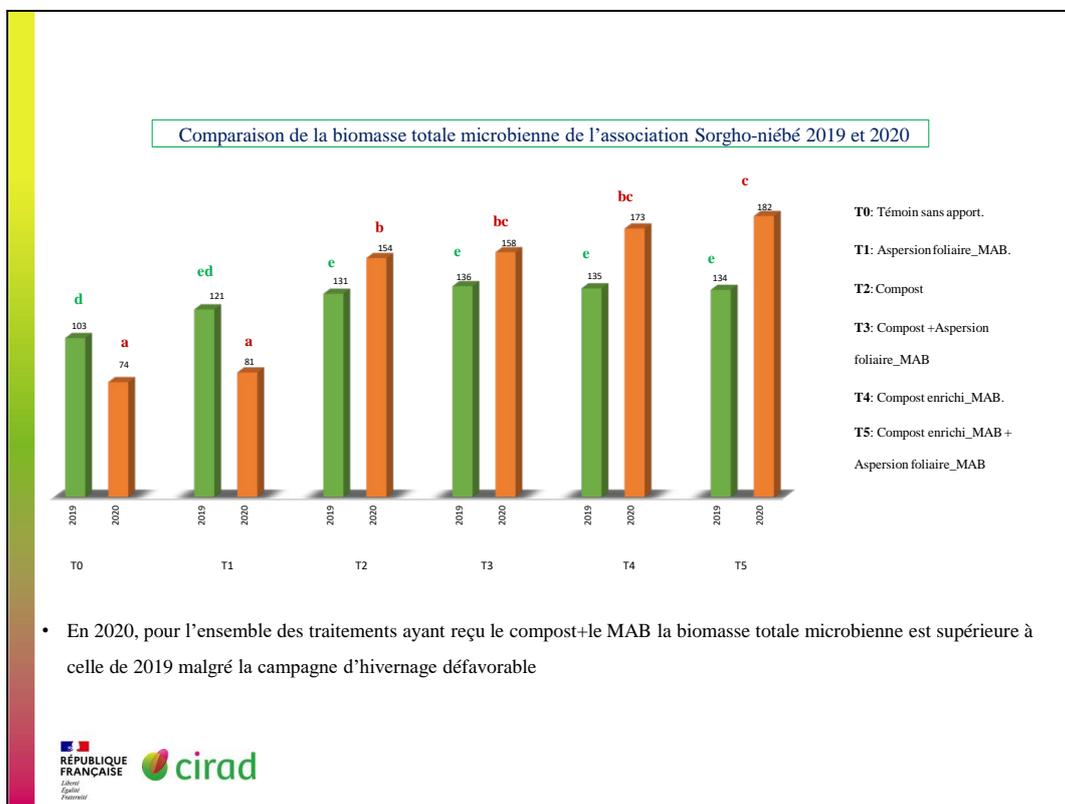
- T0: Témoin sans apport.
- T1: Aspersion foliaire_MAB.
- T2: Compost.
- T3: Compost +Aspersion foliaire_MAB.
- T4: Compost enrichi_MAB.
- T5: Compost enrichi_MAB + Aspersion foliaire_MAB.

- Par rapport au compost seul, l'apport de MAB au compost n'influence pas la biomasse totale microbienne en 1ere année

Diapositive 19



Diapositive 20



RESULTATS 2019-2020

Effets de la LFF sur les ravageurs en culture pure du niébé

➤ Pucerons



➤ Mylabris sp



➤ Clavigralla sp




21

Application de MAB sur niébé (culture pure) : modalités d'application et populations de ravageurs

RESULTATS 2019

➤ Mylabris sp

T1 : compost
T2 : compost + MAB foliaire
T3 : compost enrichi MAB
T4 : compost enrichi MAB + MAB foliaire

43 JAS



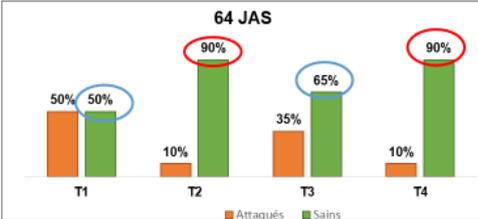
57 JAS



50 JAS



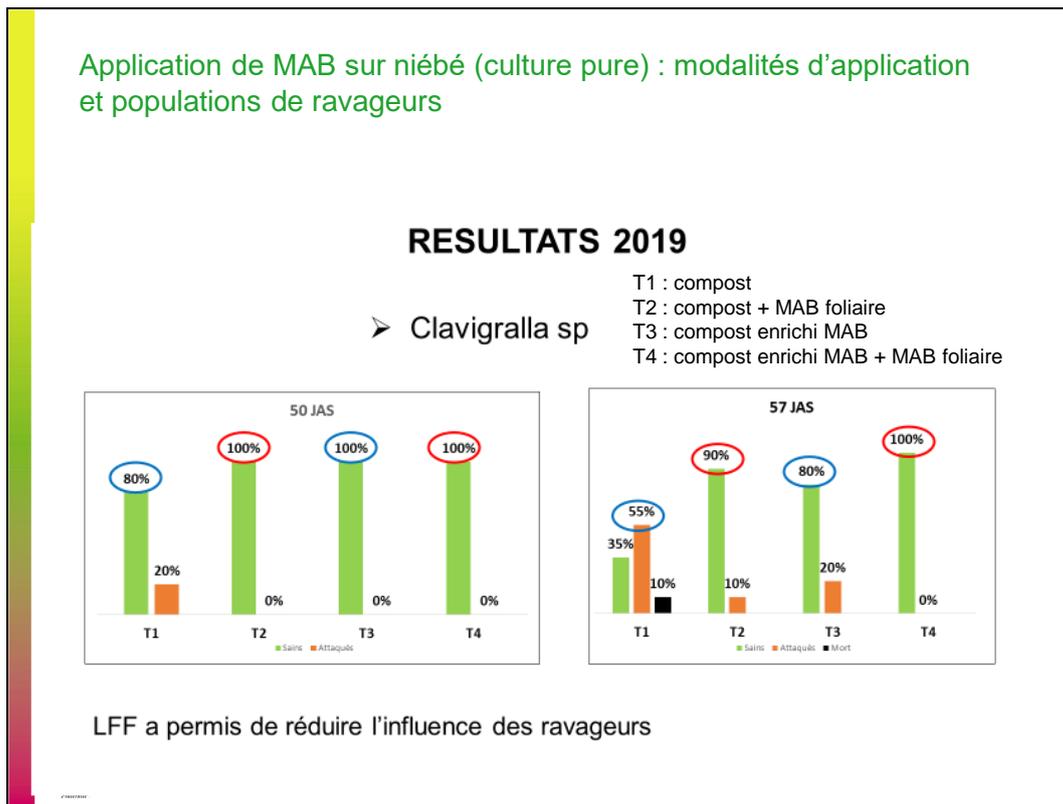
64 JAS



T2 et T4 : LFF a permis de réduire l'influence des ravageurs



Diapositive 23



Diapositive 24

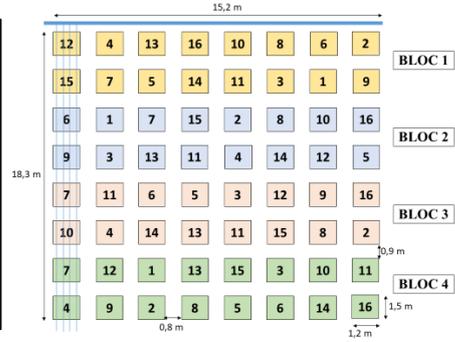
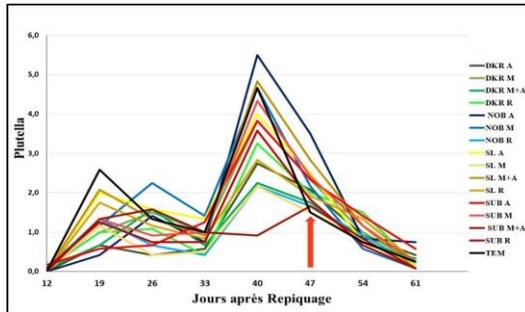
Effet du MAB local sur les thrips du niébé en 2020 (association sorgho)

Traitement	Observation 52 JAS	Observation 59JAS
Nombre de thrips		
T0: Témoin sans apport	108	132 b
T1: Aspersions foliaires_MAB	93	91 a
T2: Compost simple	110	123 ab
T3: Compost simple+Aspersions foliaires_MAB	100	94 a
T4: Compost enrichi_MAB	123	121 ab
T5: Compost enrichi_MAB+Aspersions foliaires_MAB	74	92 a
Probabilité (5%)	0,560	0,008
Signification	NS	S

Les applications foliaires de MAB permettent de réduire significativement de 30% le nombre de thrips

Tous les MAB du Sénégal sont-ils équivalents en termes d'efficacité ?

- Evaluation en station sur une culture de chou d'une substitution de pesticides par une pulvérisation hebdomadaire de MAB à 12,5% (W Thiaw, 2018)



Nombre de larves de *Plutella xylostella* sur chou en fonction des traitements : **5 MAB sur 15 réduisent significativement le nombre de larves de *P xylostella* lors des 2 pics**

Origine	Plutella xylostella J19	P value	Origine	P. Xylostella J40	Recette	P. Xylostella J40	P value origine : recette
TEM	2,58 a	0,03	TEM	4,66 a	Eau	4,66 a	0,01
SL	1,75 ab		NOB	4,11 ab	Arachide	4,02 a	
SUB	1,12 b		SL	3,45 b	Mil	3,75 ab	
NOB	0,97 b		SUB	3,16 b	Riz	2,95 bc	
DKR	0,83 b		DKR	3,02 b	Mil+Arachide	2,66 c	

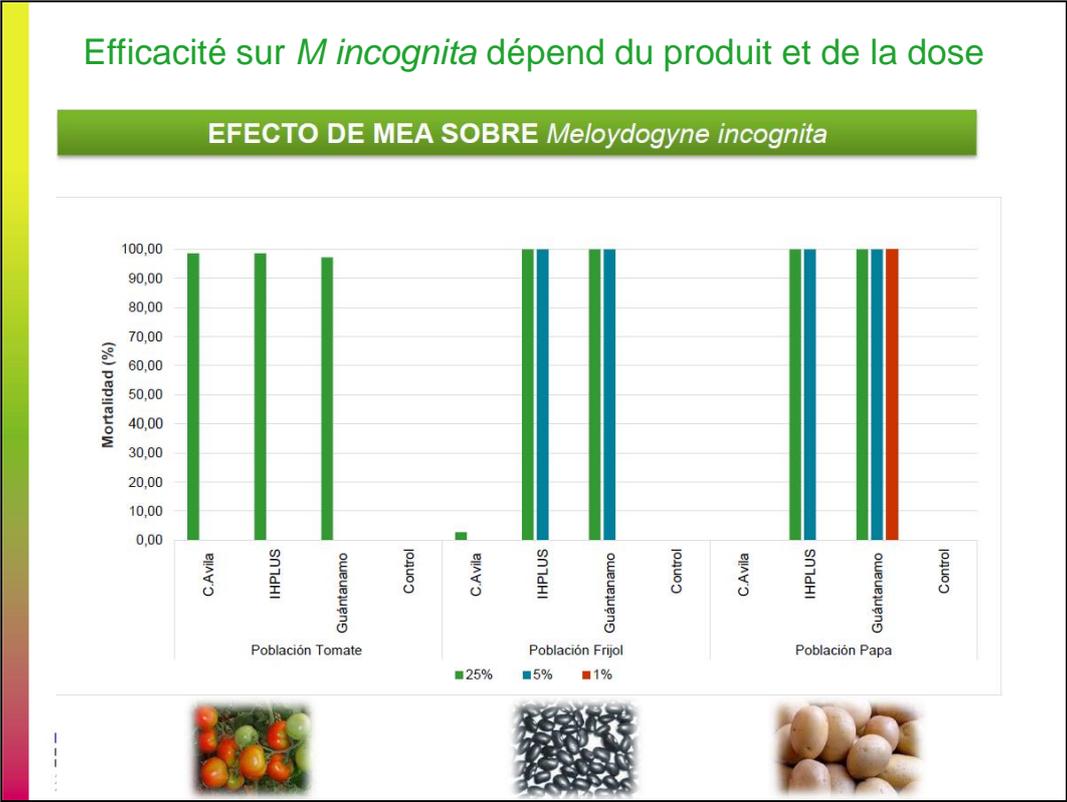
EFFECTO PLAGUICIDA DE MICROORGANISMOS EFICIENTES AUTÓCTONOS

IHPLUS

ME50

MEAG

Diapositive 27



Diapositive 28

Essais en milieu réel – Côte d'Ivoire

Partenariat IECD / fermes maraichères de Yamossoukro
Projet Tamci

Stage Moussa Dosso, 2020

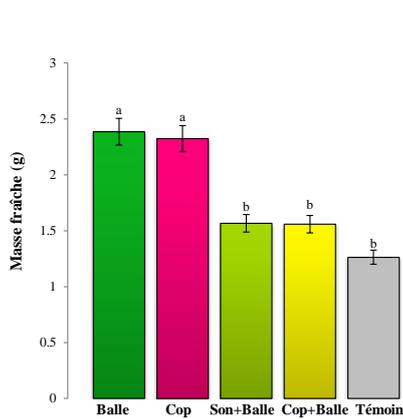
Evaluation de l'efficacité des MAB locaux sur pépinière et chez les producteurs

Mères liquides	Litière	Mères solides	Source de carbone	Couleur	pH	Odeur
Mère liquide 1	Yakro	Mère solide 1	Balle de riz	Caramel	3,3	Bière, vin
Mère liquide 2		Mère solide 2	Copeau de bois	Caramel	3,3	Vin
Mère liquide 3		Mère solide 3	Balle de riz+ copeau de bois	Caramel	3,2	Bière, ensilage
Mère liquide 4	Abidjan	Mère solide 4	Son +balle de riz		3,4	Alcool

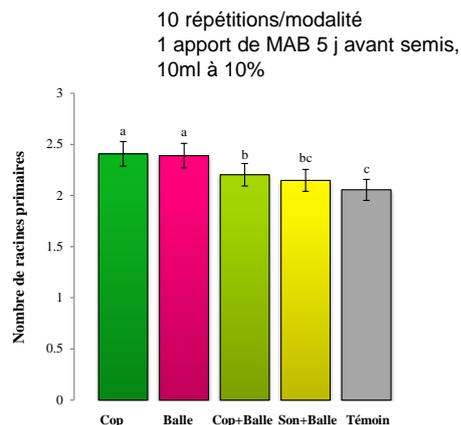
Le MAB d'Abidjan a présenté une **contamination** par *S. aureus*



En pépinière de laitue



Biomasse fraîche aérienne de plants de laitue en fonction des modalités de MAB
Cop : Copeaux de bois ; balles et son de riz.
Les modalités surmontées par une même lettre ne sont pas significativement différentes



Nombre de racines des plants de laitue en fonction des modalités de MAB
Cop : Copeaux de bois ; balles et son de riz.
Les modalités surmontées par une même lettre ne sont pas significativement différentes

Diapositive 31

En pépinière de tomate

Modalités	Nombre feuilles	Hauteur	
Copeaux de bois	7,940 b	2,270 c	10 répétitions/modalité 1 apport de MAB 5 j avant semis, 10ml à 10%
Balle de riz	7,540 ab	2,253 bc	
Son + Balle	7,440 a	2,212 b	
Copeaux + Balle	7,320 a	2,210 b	
Témoin	7,100 a	2,141 a	
Pr > F(Modèle)	< 0,0001	< 0,0001	
Significatif	Oui	Oui	Les MAB sur copeaux de bois ou balle de riz donnent les meilleurs résultats sur tomate
Pr > F(Traitements)	0,005	< 0,0001	
Significatif	Oui	Oui	

Nombre de feuilles et hauteur des plants de tomate en pépinière hors sol
Dans une colonne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes.

Modalités	Masse aérienne (g)	Masse racinaire (g)	Longueur racinaire (cm)
Balle de riz	1,213 b	0,772 a	0,872 c
Copeaux de bois	1,080 b	0,717 a	0,869 bc
Copeaux + balle	0,832 a	0,722 a	0,868 abc
Témoin	0,819 a	0,698 a	0,864 ab
Son + balle	0,729 a	0,586 a	0,862 a
Pr > F(Modèle)	0,000	0,357	0,022
Significatif	Oui	Non	Oui
Pr > F(Traitements)	0,000	0,357	0,022
Significatif	Oui	Non	Oui

Masse fraîche et longueur racinaire des plants de tomate en pépinière hors sol
Dans une colonne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes.

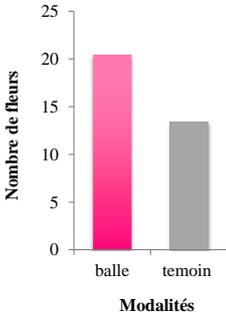


Diapositive 32

Evaluations en milieu réel

Tests en bandes parallèles sans répétition
1 application au sol avant repiquage puis 1fois/mois, ML à 25%
+ 1 application hebdomadaire/pulvérisation foliaire, ML à 12,5%, 16 l/250 m²

Sur tomate cerise



Nombre de fleurs

Modalités

Date de récolte	Rendement Témoin 1 ^{er} choix (kg)	Rendement Témoin 2 ^{ème} choix (kg)	Rendement Balle de riz 1 ^{er} choix (kg)	Rendement Balle de riz 2 ^{ème} choix (kg)
19/08/2020	0,5	0,25	6,5	2
26/08/2020	7,5	0	19,5	0
02/09/2020	18,25	5,75	31	5,5
09/09/2020	34	9	56	12,5
16/09/2020	20	8,5	22,25	14
23/09/2020	15,5	7,75	13,5	11,5
Total par qualité	95,75	31,25	148,75	45,5
Total par traitement	127 kg		194,25 kg	

avec MAB : +52% de fleurs, +53% de rendement



Evaluations en milieu réel

Sur poivron

Date de récolte	Rendement Témoin (kg)	Rendement Copeaux de bois (kg)
19/08/2020	0	17
24/08/2020	0	9
14/09/2020	0	22,25
16/09/2020	0	13
21/09/2020	0	13,5
Total par traitement (kg)	0 kg	74,75 kg



Les MAB ont permis de réduire l'impact des thrips (70% de plants sains vs 0) et d'assurer la production sans pesticides

La perception des producteurs en Côte d'Ivoire

- Un intérêt des producteurs de la coopérative à disposer des MAB
- Un accompagnement d'IECD pour l'accès aux fûts et à la mélasse
- Une vingtaine de producteurs devenus 100% autonomes dans la production locale et l'utilisation des MAB un an après la formation



Un exemple d'utilisation de MAB sur des ruminants



Utilisation du glycérol et du MEAG comme additif sur des vaches laitières, effets sur la production et la qualité du lait

¿Cómo influye la inclusión del glicerol y los MEAG en el comportamiento de la producción y calidad de la leche en vacas Siboney?.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del glicerol y de los MEAG en los indicadores productivos y calidad de la leche en vacas Siboney



Universidad de Guantánamo

Le ME-50 et le glycérol ont permis un doublement de la production laitière



RESULTADOS DE LOS INDICADORES PRODUCTIVOS

Indicadores	Control	Aditivo ME	Adivo G	E.E±
Peso vivo inicial, kg	432	433	431	0.65
Peso vivo final, kg	448 ^b	450^a	451^a	0.42 *
Ganancia Media Diaria, g	266 ^b	283^b	333^a	6.88*
Producción promedio de leche / vaca / día, L	2.20 ^b	4.80^a	4.93^a	0.11*
Producción de leche total por tratamiento, L	1320.0 ^b	2880.0^a	2958.0^a	137.8*

^{abc} Medias con letras diferentes dentro de la misma fila difieren a P<0.05 (Duncan 1955).

10 vacas Siboney/grupo, 60 jours, 1kg d'aliment/j avec ou sans additif 200ml/j pendant 15 jours puis 400 ml/j durant 45 jours



Universidad de Guantánamo

L'accroissement des volumes de lait n'a pas impacté sa qualité générale



RESULTADOS DE LOS INDICADORES DE LA CALIDAD DE LA LECHE

Indicadores	Tratamientos			E.E±
	Control	Aditivo ME	Aditivo Glicerol	
Acidez	0.141	0.142	0.148	0.01
Densidad	1.033	1.033	1.035	0.02
pH	7.2	7.2	7.2	0.03
Sólidos Totales	11.41	11.43	11.45	0.13
Grasa	3.5	3.5	3.5	0.02







Universidad de
Guantánamo

Un exemple d'utilisation de MAB sur des monogastriques



DETERMINACIÓN DE DOSIS ÓPTIMA DE MICROORGANISMOS EFICIENTES AUTÓCTONOS EN PRECEBA PORCINA

PROBLEMA

Insuficiente información científica sobre determinación de la dosis óptima de MEAG y su validación a través de los indicadores bioproductivos y económicos en la preceba porcina.

LOCALIZACIÓN EXPERIMENTAL



Cuadrante epizootiológico: 102-147-17



Universidad de
Guantánamo

Dose de MAB et sevrage de porcelets (15/gr) pendant 49 jours



RESULTADOS DE LOS INDICADORES PRODUCTIVOS EN PRECEBA SUPLEMENTADAS CON DIFERENTES DOSIS DE EM.

Indicadores	Grupos experimentales				EE±	p
	Control	T 1 (1,0 ml/ kg PV).	T2 (1,5 ml/ kg PV).	T 3 (2,0 ml/ kg PV).		
Peso Inicio (kg)	9,90	9,95	9,98	9,93	0,164	NS
Peso Final (kg)	19,60 ^b	20,22 ^{ab}	20,85 ^{ab}	22,69^a	0,433	*
Incremento peso(kg)	9,70 ^b	10,27 ^b	10,87 ^b	12,76^a	0,329	*
Ganancia.M.D. (g)	197,96 ^b	209,66 ^b	221,77 ^b	260,41^a	6,73	*
Conversión Alimentaria (kg / kg)	3,25 ^b	2,97 ^b	2,64 ^b	2,23^a	0,134	*

^{abc} Medias con letras diferentes en la misma fila difieren significativamente para * ($p \leq 0,05$). Duncan (1955). NS: diferencias no significativas.



Universidad de
Guantánamo



RESULTADOS DE LOS INDICADORES HEMATOLÓGICOS EN PRECEBA EN SUPLEMENTADAS CON DIFERENTES DOSIS DE EM.

Indicadores	Grupos experimentales					EE±	p
	RR	Control	T1 (1,0 ml/ kg).	T2 (1,5 ml/ kg).	T3 (2,0 ml/ kg).		
Hematocrito(%)	24,0 - 45,0	30,33 ^b	31,67 ^b	35,83 ^a	36,00^a	0,71	*
Hemoglobina (g/dl)	9,04 -16,54	10,08 ^b	10,52 ^b	11,92 ^a	11,97^a	0,23	*
Leucocitos Totales($\times 10^9/l$)	2,55 - 20,0	8,75 ^d	10,75 ^c	13,83 ^b	16,30^a	0,66	*
Eosinófilos ($\times 10^9/l$)	0,10 - 2,70	0,383 ^b	0,583 ^b	0,933 ^a	1,133^a	0,07	*
Neutrófilos ($\times 10^9/l$)	0,00 - 4,8	2,88 ^c	3,40 ^b	3,65 ^b	4,25^a	0,12	*
Linfocitos ($\times 10^9/l$)	3,50 - 9,50	4,33 ^b	4,55 ^b	4,66 ^b	6,02^a	0,20	*
Monocitos ($\times 10^9/l$)	0,00 - 1,60	0,417 ^c	0,450 ^c	0,617 ^b	0,900^a	0,05	*

^{abc y d} Medias con letras diferentes en la misma fila difieren significativamente para * ($p \leq 0,05$). (Duncan 1955). RR, Rangos referenciales, según Serem *et al.* (2017).



Universidad de
Guantánamo

Diapositive 41

Une dose croissante de MAB permet de réduire drastiquement la morbidité (nombre d'animaux malades) dans le groupe



RESULTADOS DE LOS INDICADORES DE SALUD EVALUADOS EN LA FASE EXPERIMENTAL.

Indicadores	Grupos experimentales							
	Control		Tr. 1 (1,0 ml/Kg).		Tr. 2 (1,5 ml/Kg).		Tr. 3 (2,0 ml/Kg).	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Mortalidad por trastornos digestivos	1	6,66	1	6,66	0	0	0	0
Morbilidad por trastornos digestivos	10	66,6	6	40,0	4	26,6	2	13,3
Viabilidad	14	93,33	14	93,33	15	100,0	15	100,0

Des résultats comparables obtenus au Burkina Faso sur poulets de chair et moutons (O Ouattara)



Universidad de
Guantánamo

Diapositive 42



Effets des MAB (ME-50) sur le traitement des effluents d'élevage (eaux résiduelles)
Cas 1 : un abattoir
Cas : une ferme porcine



Jorge O. Serrano et Jorge Martínez Melo



Diapositive 43

Matadero Bovino

Granja porcina

El agua residual utilizada fue tomada de la laguna de oxidación, se establecieron **cinco tratamientos**, en recipientes plásticos **de 10 litros**, que se identificaron y se ubicaron en un local muy cercano a la laguna, dejándolo reposar **24 h** protegido de la acción directa del sol y la lluvia.

Tratamiento control. (Sin inclusión de ME).
 Tratamiento 1. (Se le aplicó **10 ml** de ME-50/10 litros de agua).
 Tratamiento 2. (Se le aplicó **20 ml** de ME-50/10 litros de agua).
 Tratamiento 3. (Se le aplicó **30 ml** de ME-50/10 litros de agua).
 Tratamiento 4. (Se le aplicó **40 ml** de ME-50/10 litros de agua).

Diapositive 44

Tabla 1. Indicadores de las aguas residuales del **matadero tratadas con ME-50.**

Unidad	Símbolo	Ensayo	Tratamientos con ME-50					EE±
			Control	10 ML	20 ML	30 ML	40 ML	
µS/cm	CE	Conductividad Eléctrica	1081,0 d	1291,0 c	1307,0 c	1343,0 b	1361,0 a	34,3 *
mg/L	O ₂ dis	Oxígeno disuelto	0 d	2,0 c	3,0 b	3,0 b	4,0 a	0,02 *
upH	pH	Potencial de Hidrógeno	8,26 a	8,15 b	8,13 b	8,12 b	7,58 c	2,32 *
cm ³ /L	SS	Sólidos Sedimentables	4,0 a	1,0 b	1,0 b	1,0 b	1,0 b	0,02 ***
NMP/100mL	CTT	Coliformes Termotolerantes	9,20 x 10 ⁹ a	9,20 x 10 ⁹ b	9,20 x 10 ⁹ b	2,30 x 10 ⁹ c	180,0 d	87,8 ***
NMP/100mL	CT	Coliformes Totales	1,60 x 10 ⁶ a	9,20 x 10 ⁹ b	5,40 x 10 ⁹ c	4,30 x 10 ⁹ d	360 e	97,5 ***
mg/L	PT	Fósforo Total	1,0 a	0,597 b	0,566 c	0,551 c	0,475 d	0,04 *
mg/L	DQO	Demanda Química de Oxígeno	364,0 a	110,0 b	94,0 b	78,0 c	63 d	23,4 *
mg O ₂ /L	DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno	171,0 a	40,0 b	33,0 c	27,0 c	20,0 d	3,56 *

Medias con letras diferentes en la misma fila difieren a p<0,05; * p<0,05; *** p<0,001

Tabla 2. Indicadores de las aguas residuales de la **granja porcina** tratadas con ME-50.

Ensayo	Tratamientos con ME-50					EE±
	Control	10 ML	20 ML	30 ML	40 ML	
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	1120,0 b	1218 a	1219 a	1219 a	1220 a	84,55 *
Oxígeno disuelto (mg/L)	2,0 c	2,0 c	3,0 b	3,0 b	4,0 a	0,04 *
Potencial de Hidrógeno (upH)	8.37 a	8.30 a	8.25 b	8.25 b	8.15 c	3,42 *
Sólidos Sedimentables (cm³/L)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,01
Coliformes Termotolerantes (NMP/ 100mL)	7,2 x 10 ⁵ a	4,4 x 10 ⁵ b	4,4 x 10 ⁵ b	4,2 x 10 ⁵ b	11 x 10 ⁵ c	197,3 ***
Coliformes Totales (NMP/ 100mL)	1,0 x 10 ⁶ a	9,1 x 10 ⁵ b	9,1 x 10 ⁵ b	9,1 x 10 ⁵ b	10 x 10 ⁵ c	787,4 ***
Fósforo Total (mg/L)	0.3910 a	0.3320 b	0.3220 b	0.2160 c	0.2090 c	0,03 *
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	119,0 a	104,0 b	104,0 b	71,0 c	71,0 c	33,36 **
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ /L)	46,0 a	45,0 a	41,0 b	36,0 c	20,0 d	4,63 *

Medias con letras diferentes en la misma fila difieren a p<0,05; * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001



Messages à retenir

- OUI, potentiel microbien du Sénégal, du Burkina et de la Côte d'Ivoire pour avoir des MAB efficaces
- OUI il y a un effet de la zone géographique de prélèvement des litières sur l'efficacité du produit et un effet du substrat
- OUI il est possible d'utiliser des ingrédients locaux pour fabriquer des MAB efficaces
- Les MAB produits étaient indemnes de pathogènes pour la grande majorité...mais pas tous !
- NON il n'est pas nécessaire que le MAB soit de la zone pour être efficace dans une zone donnée
- Tous les MAB ne se valent pas en termes d'efficacité



Intérêts et risques des MAB ?

- sont des bioproduits particulièrement intéressants
 - pour l'adoption par les producteurs
 - car ils augmentent l'autonomie et les marges économiques
 - diminuent la dépendance vis-à-vis d'intrants importés dont les prix, la qualité et l'efficacité peuvent être variables,
 - de stimuler l'émergence de nouvelles entreprises locales ou de fermes pilotes qui fabriquent et commercialisent ces bioproduits.

- Des risques
 - Contrôle des pathogènes en fin de fabrication / garantir innocuité
 - Disposer et diffuser des tests/kits accessibles et de terrain
 - Risques environnementaux
 - Pression sur la ressource naturelle initiale (i.e. litière forestière)
 - Réutiliser les fonds de cuve pour reproduire de nouveaux lots ?
 - Effets sur les sols si utilisation répétée à long terme
 - Sur le carbone notamment si surdosages ?
 - Sur le pH ?
 - Sur les communautés microbiennes notamment si MAB de sources externes ?
 - Variabilité des lots → variabilité de l'efficacité observée ?
 - Risque de déception de l'adoptant





Quelles sont les conclusions et les enseignements tirés de ces travaux ?

- Diversité microbienne des MAB en fonction de la zone d'échantillonnage des litières
- + Variabilité due au moment de l'échantillonnage

⇒ Facteurs combinés de la variabilité du produit

- conséquences sur les effets attendus par les producteurs
-

- Nécessité de caractériser
- Composition microbienne
- Les métabolites présents

⇒ Besoin d'approfondir

- ⇒ Les mécanismes d'action des MAB
- ⇒ Comprendre les services qui peuvent être favorables





Quelles sont les conclusions et les enseignements tirés de ces travaux ?

- **Besoin :**
 - Evaluer les effets du MAB sur la qualité nutritionnelle des produits (pas seulement le rendement).
 - Évaluer la compatibilité du MAB avec d'autres outils agricoles agroécologiques (biopesticides...).
 - Évaluer l'impact environnemental de l'utilisation du MAB à moyen et long terme, principalement sur les sols
 - -> d'autres formes de biodiversité ?
 - Mettre au point des outils rapides de détection des pathogènes sur le terrain
- **Relier la compréhension des mécanismes à l'application des MAB par les producteurs**
 - ⇒ Définir les méthodes d'application optimales (dosage, fréquence, etc.).
- **Nécessité de :**
 - Prendre en compte le bilan coûts-avantages pour les producteurs.
 - Confronter les pratiques agroécologiques et conventionnelles.
 - Poursuivre et approfondir cette rétro-ingénierie
 - Fournir des données scientifiques sur le MAB
 - Pouvoir stabiliser les produits ou mieux connaître les durées de conservation / efficaces



Merci de votre attention !

Des questions ?



DISCUSSION

Oui, c'est très intéressant. Je pense que les études qui manquaient cruellement jusqu'à présent sont en train d'être mises en œuvre de manière concrète et scientifique, ce qui est très bien. Il y a du compost dans les bâtiments d'élevage. En ce qui concerne les MAB, je pense qu'au début, les questionnements sur la variabilité en fonction des préparations sont très pertinents. Il pourrait également être intéressant d'introduire les modes d'utilisation. Ce matin, il a été question de l'aspersion qui pourrait détruire les micro-organismes, ce qui mérite d'être exploré.

Peut-on comprendre l'effet potentiel des micro-organismes (MO) en termes de molécules bioactives, en parallèle avec l'effet de l'inoculation réelle ? Imaginons que, même si tous les MAB meurent au moment de l'application, certaines enzymes et molécules bioactives pourraient encore avoir un effet lors d'une application foliaire, par exemple. Cependant, il est recommandé de le faire le soir, car la lumière du soleil peut tuer les MAB.

Comment maximiser l'efficacité de l'inoculation ? L'utilisation de composts pour l'inoculation avant la mise en champ est une bonne approche. De plus, des études sont actuellement menées sur l'utilisation du biochar comme support de cet inoculant. Le biochar pourrait servir d'habitat aux micro-organismes grâce à sa structure, ce qui semble prometteur.

Enfin, j'ai une collègue qui a travaillé sur des essais avec des pucerons et des chenilles, des solutions brutes et microfiltrées et autoclavées. On voit bien qu'il y a encore une efficacité de ces Maps après microfiltration. Cela signifie qu'il n'y a que les métabolites qu'il n'y a plus les micro-organismes, mais l'efficacité est moindre par rapport à la solution brute, complète.

Petite question sur la filtration : **la microfiltration, c'est de quel ordre ?**

C'est du 0,22 µm. Ce sont des filtres stériles de laboratoire. C'était vraiment une petite manipulation de laboratoire, mais on s'est dit : "Voilà, si on micro-filtre, si on enlève les microorganismes sans altérer les paramètres chimiques, parce qu'on sait que l'autoclave va détruire les microorganismes mais aussi les métabolites."

On aurait une petite question par rapport aux analyses de la richesse abondante de micro-organismes. En fait, vous vous concentrez énormément sur ce qui est champignons et bactéries, mais est-ce que vous ignorez d'autres groupes ?

L'extraction de l'ADN et les virus. En effet, l'ADN peut être extrait à partir de divers échantillons biologiques, mais il est important de préciser la source (par exemple, des cellules humaines, des bactéries, etc.). Les virus contiennent également de l'ADN ou de l'ARN, mais ils ne sont pas considérés comme des organismes vivants autonomes. Ils ont besoin d'une cellule hôte pour se reproduire.

La microfiltration laisse passer les particules virales. Les virus bactériens (appelés bactériophages) peuvent infecter les bactéries et les détruire. Ils jouent un rôle important dans l'équilibre écologique des écosystèmes microbiens.

Analyses sur les litières forestières :

Vous mentionnez des analyses sur les litières forestières en Terre d'Humanisme et en Côte d'Ivoire. **Ces études sont-elles liées à la biodiversité, à la composition microbienne ou à d'autres aspects ?**

Les litières forestières sont riches en micro-organismes, et leur étude peut fournir des informations sur l'écosystème. Ce sont les mêmes analyses de métabarcoding qui ont été réalisées au LMI IESOL sur les MAB du Sénégal, de Côte d'Ivoire, de T&H et du Burkina Faso.

Jean-Christophe MEILE : C'est plutôt un commentaire qu'une question sur l'intérêt, effectivement, de se focaliser un moment sur les effets post-récolte. Il s'agit de la qualité, qu'elle soit nutritionnelle ou sanitaire. De plus, il est important de noter que la qualité des intrants utilisés en pré-récolte peut également impacter la qualité de l'aliment final.

Jean-Christophe MEILE : J'ai également une question plus générale concernant les différentes présentations que nous avons eues aujourd'hui. **À quel point ce critère de compatibilité avec la qualité alimentaire, notamment sanitaire (puisque c'est réglementaire dans le Nord), peut-il être intégré dans la réflexion sur les solutions microbiennes à utiliser ?** Sachant qu'à l'autre bout de la chaîne, en post-récolte, nous envisageons et testons un certain nombre de solutions microbiennes. Qu'il s'agisse de solutions appliquées en post-récolte ou parfois en pré-récolte pour résoudre des problèmes rencontrés lors de la récolte, **dans quelle mesure ces solutions peuvent-elles se superposer ou se compléter ?**

Jean-Christophe MEILE : Enfin, j'ai du mal à formaliser ma question, mais j'espère que vous comprenez le sens de celle-ci. **À quel point peut-on avoir une réflexion vraiment intégrée de ce genre d'approche pour avoir des sorties qui vont au-delà de la production et du rendement à la parcelle, mais qui vont jusqu'à la qualité de l'alimentation ou la qualité de la production ?**

Réponse : Effectivement, il est essentiel de considérer une approche intégrée qui dépasse la simple production et le rendement à la parcelle. Il faut également prendre en compte la qualité de l'alimentation et la qualité globale de la production. Dans le cadre d'expérimentations agronomiques, nous avons suivi la qualité de conservation post-récolte dans des conditions de stockage dégradées, telles que celles que l'on peut rencontrer en Afrique de l'Ouest sans réfrigération. Cependant, il est rare d'avoir des services d'amélioration ou de prolongation de la durée de vie. En ce qui concerne l'amélioration de la qualité nutritionnelle, nous avons utilisé des traitements précoces, notamment l'utilisation de MAB (micro-organismes à base de matière organique) pour favoriser la solubilisation et l'absorption de fer et de zinc. Ces éléments proviennent notamment de la fiente de volaille et des boues d'épuration, ce qui permet d'améliorer la teneur en micronutriments.

En gros, ce qui est un contaminant pour les sols, notamment le zinc et le fer, peut devenir une opportunité et un micronutriment lorsqu'il y a translocation et stockage dans la partie alimentaire consommable. Nous avons obtenu des résultats allant dans ce sens.

Ensuite, concernant l'activation liquide, nous avons noté que, comme cela avait été souvent mentionné par les Sud-Américains, notamment au Costa Rica, une activation liquide de plus de 15 jours entraîne une dominance des levures et des acides lactiques. Nous avons confirmé cela par nos analyses. En revanche, lorsque nous travaillons avec des produits relativement frais, afférents à 15 jours d'activation, nous observons une plus grande diversité génétique, notamment du côté fongique, avec une forte diminution du développement et de la présence de champignons, probablement sous forme de spores après 15 jours.

Pierre Christen (IRD/IMBE) et al.

CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE ET MICROBIOLOGIQUE D'UN BIOFERTILISANT A BASE DE LITIERE FORESTIERE (LiFoFer). INFLUENCE DE L'O₂ ET DE LA NATURE DE LA LITIERE SUR LE PRODUIT FINAL

Diapositive 1



Innovations bioproduits à
base de micro-organismes
16 février 2024
Cirad- Montpellier

Caractérisation physico-chimique et microbiologique d'un biofertilisant à base de litière forestière (LiFoFer) Influence de l'O₂ et de la nature de la litière sur le produit final

Pierre CHRISTEN (IRD-IMBE), Lucie MICHE (AMU-IMBE), Sylvain DAVIDSON (IRD-MIO),
Loris CAGNACCI (IRD-IMBE), Thomas LERCH (UPEC-IESS), Catherine REBUFA (AMU-
IMBE), Yannick COMBET BLANC (IRD-MIO), Stephane GREFF (AMU-IMBE)

Ines BEN AMMAR, Ugo DUNANT, Sophie NAFIL, Azime YOL, Alizée DRIES, Alejandra
GUTIERREZ, Johan MAROIS



Institut de Recherche
pour le Développement
FRANCE



Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie
animale et végétale



Faculté
des Sciences
Aix-Marseille Université



Terre & Humanisme
l'agroécologie se cultive

Diapositive 2



The flowchart illustrates the preparation of forest litter-based fermented biofertilizer (LiFoFer) through several steps:

- Collecte de litière forestière**: Harvesting forest litter.
- Mélange avec son de blé**: Mixing with wheat straw.
- Mélange lactobacillus et mélasse**: Adding lactobacillus and molasses.
- Mélange**: Further mixing of the components.
- Empiler la mélasse et laisser**: Stacking the mixture and allowing it to ferment.
- Analyse**: Analyzing the product.
- 1 mois plus tard**: The final product after one month.

Préparation de litière forestière fermentée (LiFoFer)

Diapositive 3

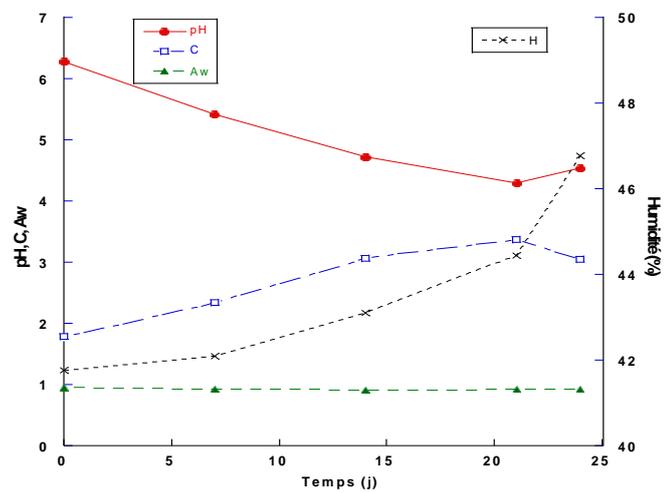


Conditions artisanales

Diapositive 4



Suivi des paramètres physico-chimiques durant la fermentation solide



Diapositive 5



Influence de l'origine de la litière forestière sur la LiFoFer

Composition des mix de litière forestière :

- Mix 1 : Chêne Blanc (CB) 37%, Chêne vert + pin d'alep (CV+PA) 63%
- Mix 2 : Chêne vert (CV) 22%, Châtaignier (Ch) 22%, Pin Maritime (PM) 26%, Bambou (BB) 16%, Micocoulier (Mi) 14%

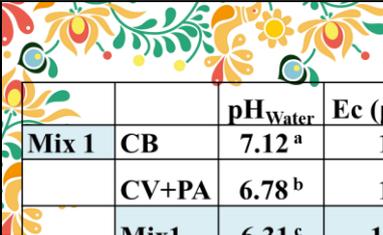
Experimental fermentation conditions :

- Solid medium composition (kgs): Mix 1 or Mix 2, 7.4 ; wheat bran , 9.3; sugarcane molasse, 2.6; whey, 2.8; water 2.3
- Ambient temperature, anaerobiosis, initial water content : ~ 60%
- Fermentation time : 1 month

Analysis

- Physico-chemical parameters : pH water, Electroconductivity (Ec), C/N
- Infrared spectroscopy (FTIR) → Humification Index (HI) (aliphatic/aromatic+ketone,+amide)
- Quantification of microbial communities : ADN extraction + qPCR
- Molecular profiling of microbial communities : T-RFLP / ARISA
- Statistical Analysis : ANOVA and Tuckey test (agricolae package)

Diapositive 6

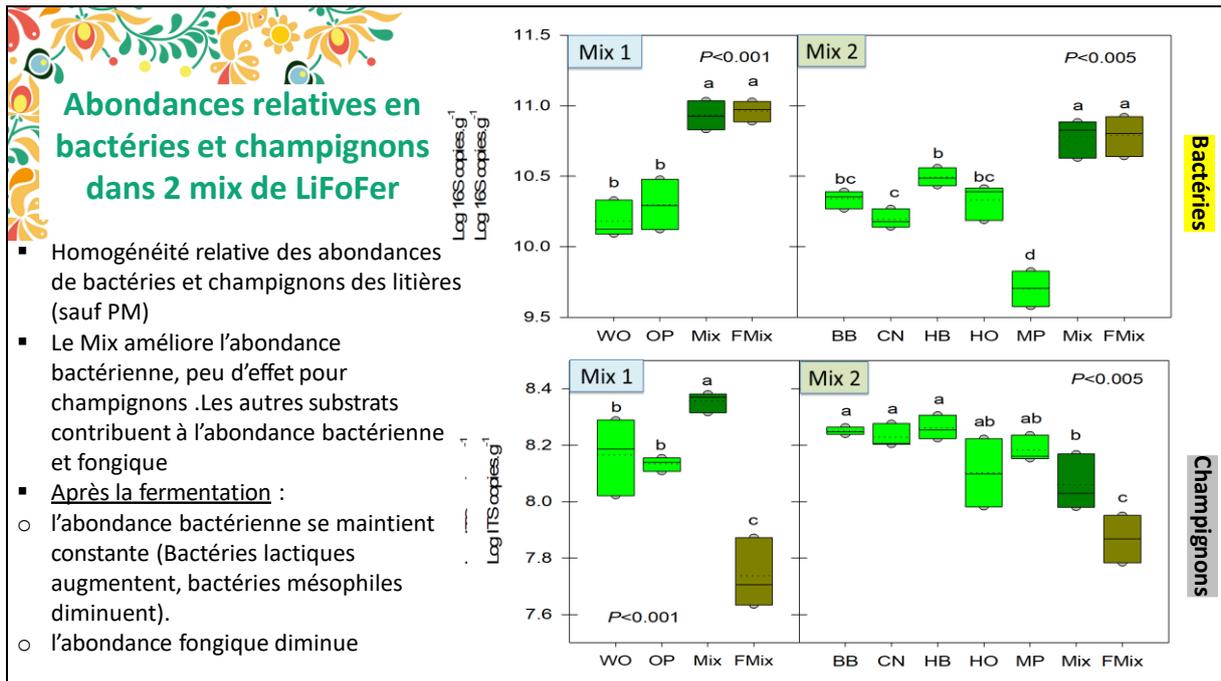


Paramètres physico-chimiques

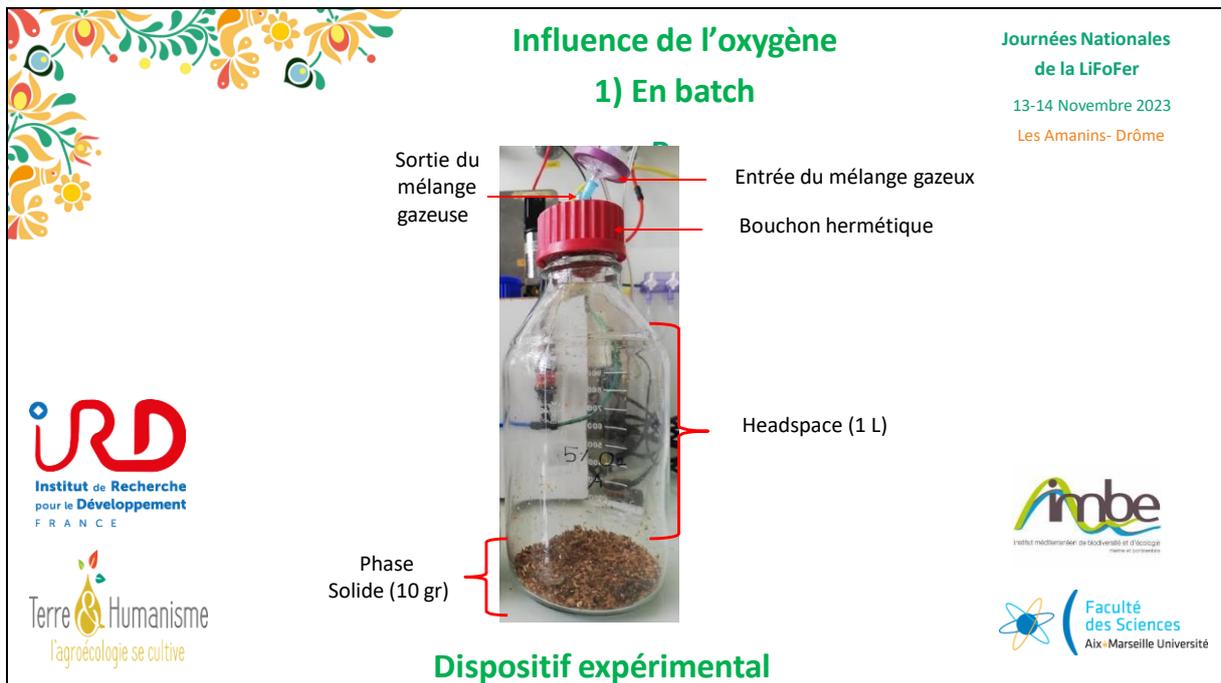
		pH _{Water}	Ec (µS.cm ⁻¹)	C(%)	N(%)	C/N	HI*
Mix 1	CB	7.12 ^a	175 ^c	50.4 ^a	1.82 ^c	27.6 ^a	0.89 ^b
	CV+PA	6.78 ^b	169 ^c	52.9 ^a	2.61 ^b	20.8 ^b	0.90 ^b
	Mix1	6.31 ^c	1238 ^b	53.1 ^a	2.90 ^{ab}	18.2 ^{bc}	0.96 ^a
	FMix1	4.29 ^d	2134 ^a	52.4 ^a	3.39 ^a	15.4 ^c	0.97 ^a
Mix 2	BB	6.58 ^a	71 ^d	38.2 ^{cd}	1.49 ^b	25.8 ^{bc}	0.89 ^d
	Ch	6.41 ^a	88 ^{cd}	54.0 ^{ab}	1.54 ^b	35.0 ^b	0.92 ^{bc}
	Mi	6.61 ^a	34 ^e	44.8 ^{bc}	1.75 ^b	25.6 ^{bc}	0.91 ^{cd}
	CV	5.38 ^b	95 ^c	34.4 ^d	1.58 ^b	24.5 ^{cd}	0.88 ^d
	PM	4.62 ^c	92 ^c	57.1 ^a	0.84 ^c	68.5 ^a	0.95 ^{ab}
	Mix2	5.78 ^b	2219 ^b	51.7 ^{ab}	3.02 ^a	17.1 ^{cd}	0.97 ^a
	FMix2	4.36 ^d	2876 ^a	52.0 ^{ab}	3.44 ^a	15.1 ^d	0.96 ^{ab}

- Les litières (sauf PM) sont légèrement acides, pauvres en ions (Ec), mais avec C/N élevés et HI moyen
- Les teneurs en C et N des litières sont variables
- Le mélange avec d'autres substrats augmente Ec et HI
- Après la fermentation le pH baisse, Ec augmente et C/N diminue. HI = Cte

Diapositive 7



Diapositive 8



IRD
Institut de Recherche pour le Développement
FRANCE

Terre & Humanisme
l'agroécologie se cultive

imbe
Institut méditerranéen de bioéconomie et d'écologie humaine et durable

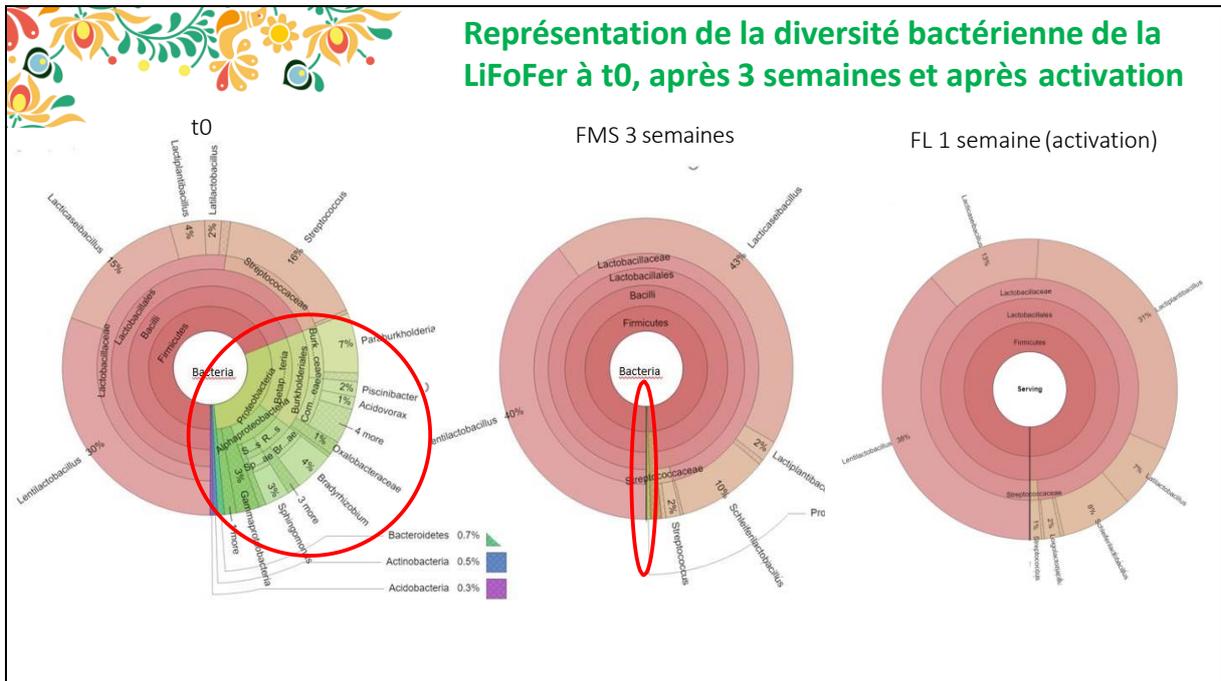
Faculté des Sciences
Aix-Marseille Université

Diapositive 9

Dénombrement des microorganismes (milieux sélectifs)

% O2	B. Mésophiles (UFC/g MS)	Champignons (UFC/g MS)	B. Lactiques (UFC/g MS)	Pathogènes (UFC/g MS)	
				Entérobactéries (37°C)	Entérobactéries (44°C)
0%	1.53E+08	8.69E+04	6.06E+10	0.00E+00	0.00E+00
2%	1.13E+09	2.02E+08	6.76E+10	0.00E+00	0.00E+00
5%	4.75E+09	2.34E+08	5.49E+10	5.74E+08	0.00E+00
10%	5.67E+09	1.50E+09	2.87E+10	4.94E+09	3.05E+08
20%	3.57E+10	4.67E+09	1.95E+10	1.04E+09	4.06E+07

Diapositive 10



Diapositive 11



Influence de l'oxygène

2) En continu

3 concentrations en O₂ : 0%; 0.5% et 2 %

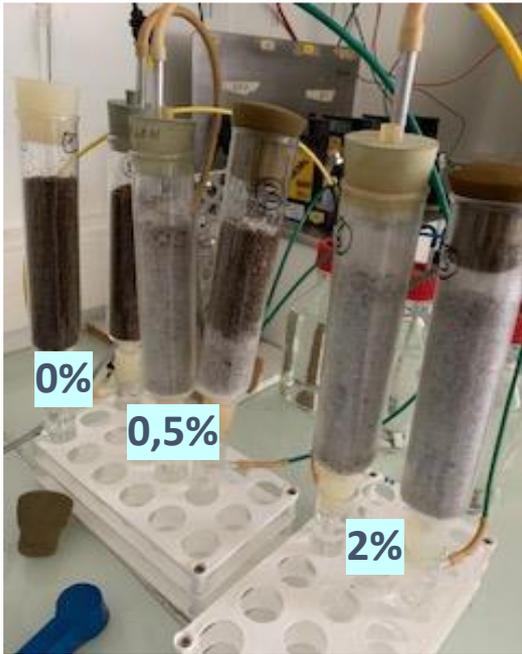
100 gr Mat sèche par colonne

Débit contrôlé (0.2 L/min)

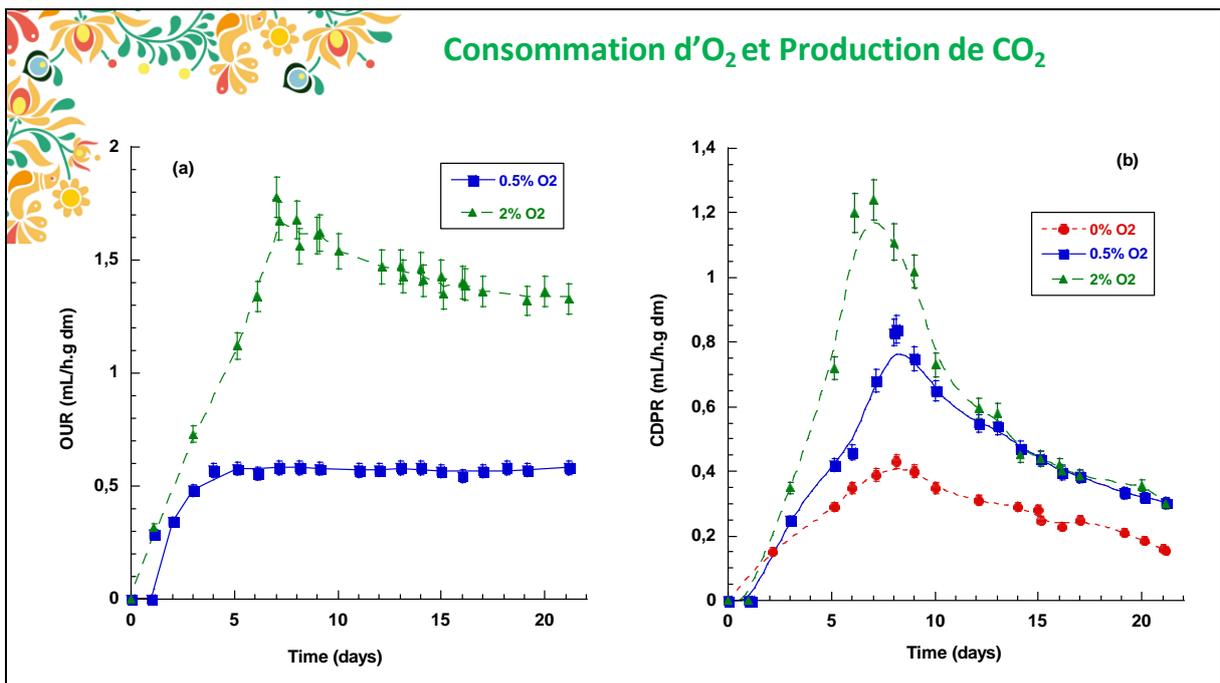
Analyses en ligne : Respiration, COV

Analyses en fin d'expérience :

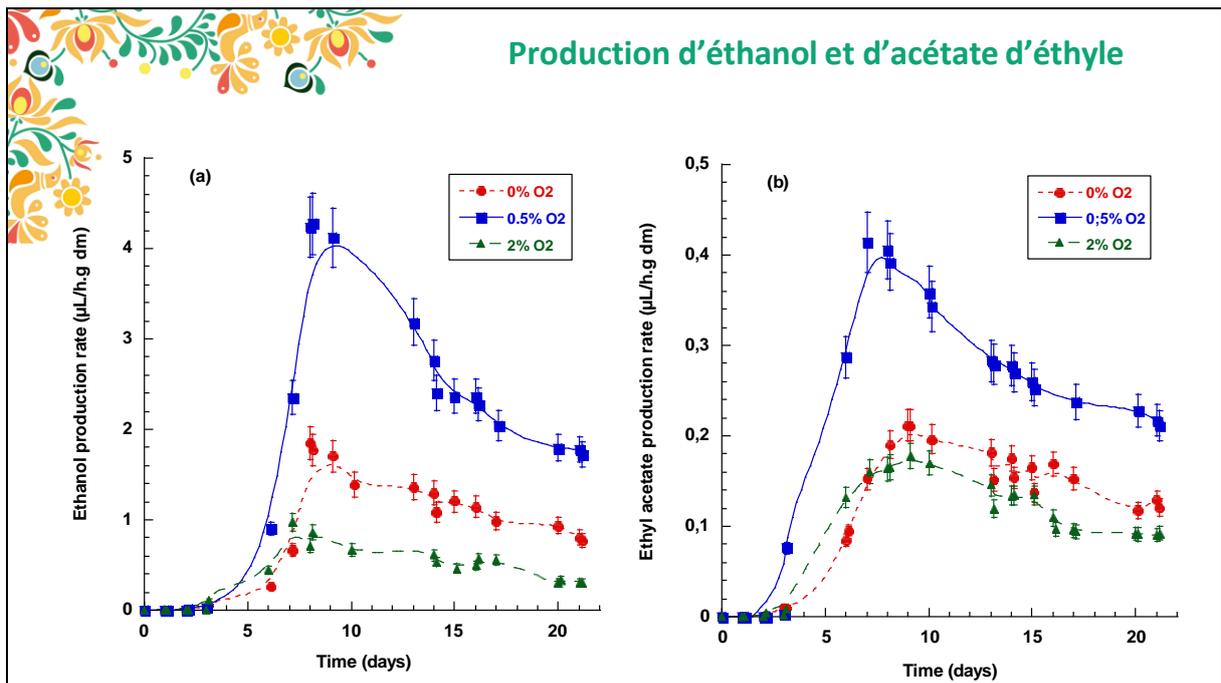
- HPLC (sucres et acides)
- Paramètres physico-chimiques (Ec, pH, Aw, H)



Diapositive 12



Diapositive 13

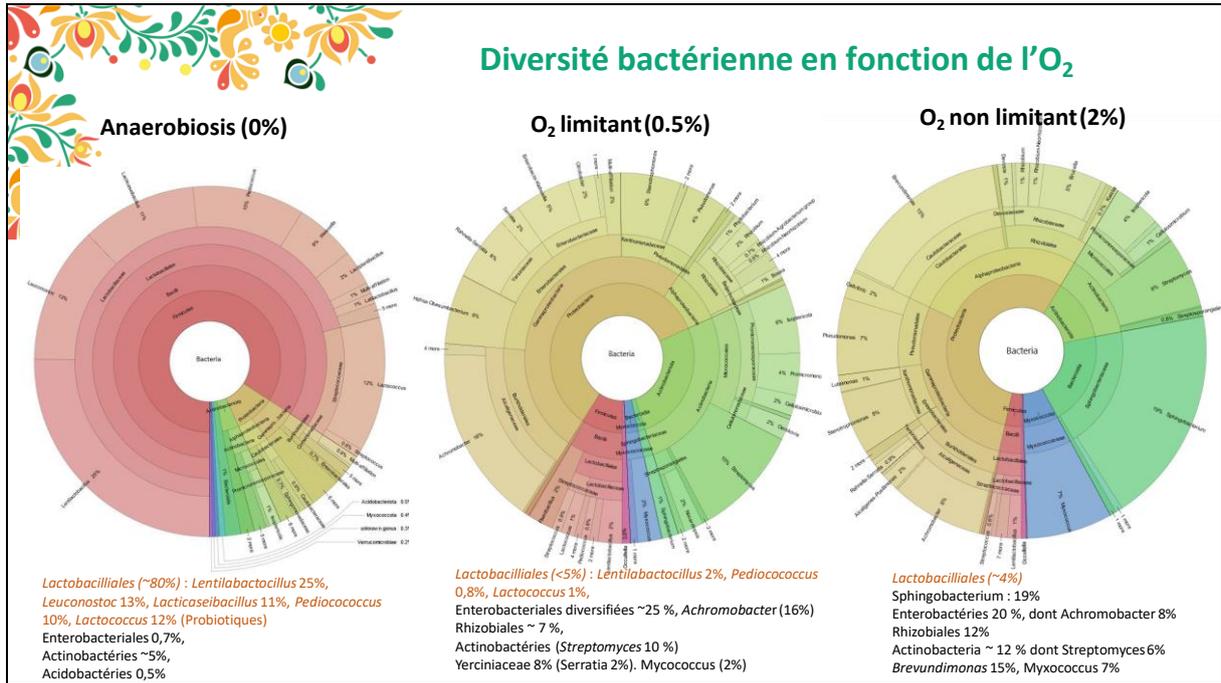


Diapositive 14

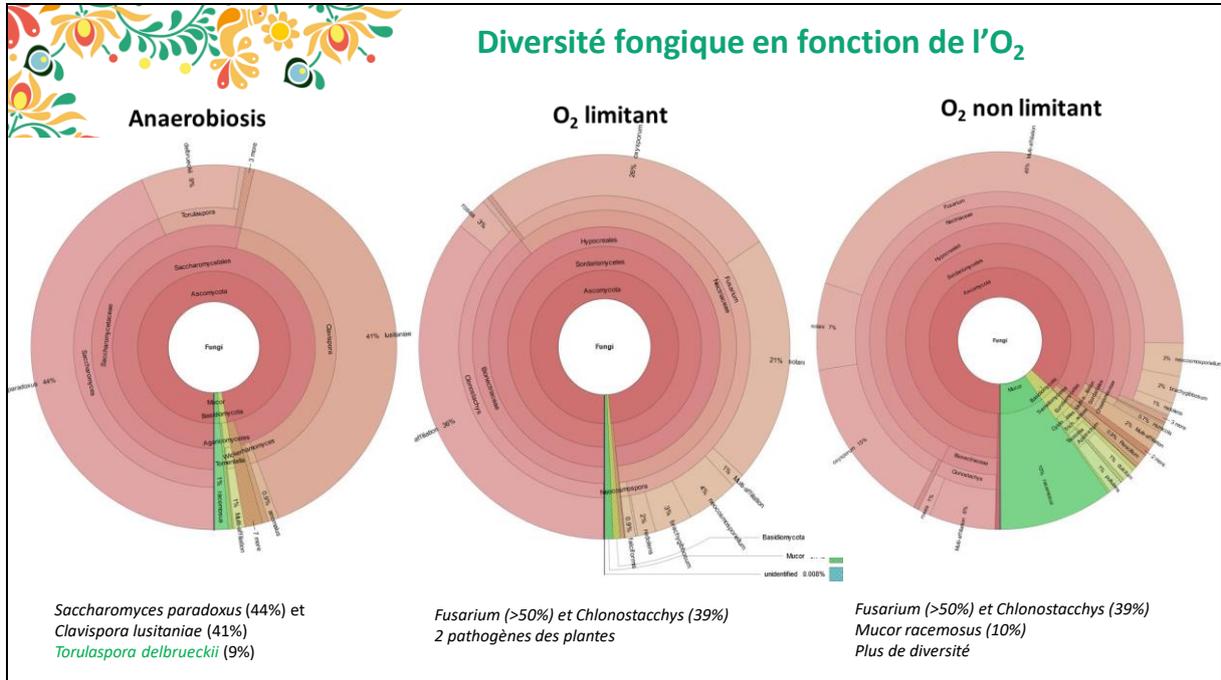
Conditions	Saccharose / lactose (mg/g MS)	Glucose (mg/g MS)	Fructose / galactose (mg/g MS)	Lactate (mg/g MS)	Acétate (mg/g MS)
Début (t ₀)	129,15	34,98	48,17	14,6	0
0% O ₂ (t _r)	0	10,57	21,08	58,7	10,18
0.5% O ₂ Col 1 (t _r)	0	-	0,26	0,32	0,4
0.5% O ₂ Col 2 (bas) (t _r)	0	0,17	1,17	0,67	0,5
0.5% O ₂ Col2 (haut) (t _r)	0	0,18	0,72	4,73	0,66
2% O ₂ Col 1 (t _{final})	0	0,1	0,1	0,24	0,13
2% O ₂ Col 2 (t _{final})	0	0,25	0,59	0,85	1,61

- Les di-saccharides sont consommés quel que soit l'apport d'O₂
- Mais mono-saccharides résiduels à 0%. Le lactate initial est consommé en présence d'O₂
- Fermentations homo- et hétérolactiques à 0% O₂ (conforme à la biodiversité bactérienne)
- Métabolisme respiratoire dès 0.5% O₂ (mais fermentaire sortie de colonne 2)

Diapositive 15



Diapositive 16



Etude de l'activation de la LiFoFer

Procédé d'activation empirique donc questionnement des paysans :

- Peut-on utiliser de la LiFoFer stockée depuis plusieurs années ?
- Doit-on rajouter du petit lait lors de l'activation ?
- La fermentation peut-elle être menée à température ambiante ?



LiFoFer solide



Mélasse



Lactosérum



Dispositif expérimental

Conditions opératoires :

- Milieu de culture : 25 g de LiFoFer solide + 25 g de mélasse pour 1 L
- Durée de la fermentation (anaérobiose) : 7 jours.
- Légère ouverture des bouteilles afin de laisser le CO₂ s'échapper

Paramètres étudiés :

- durée de stockage des LiFoFer solides (1, 2 et 3 ans)
- 2 températures : ambiante et 29°C.
- Ajout ou non de petit lait.
- Expériences par duplicat

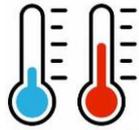



Figure 1 : Evolution du pH en fonction des conditions opératoires

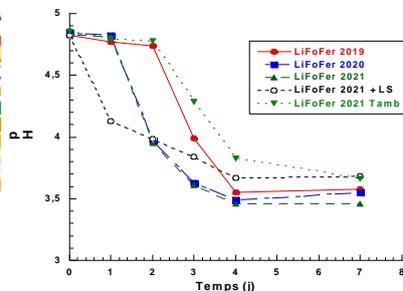


Figure 2 : Consommation du saccharose et/ou du lactose en fonction des conditions opératoire

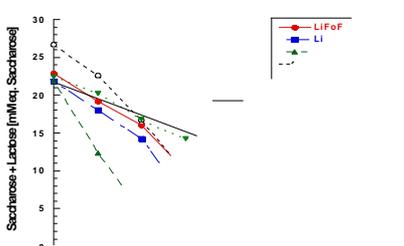
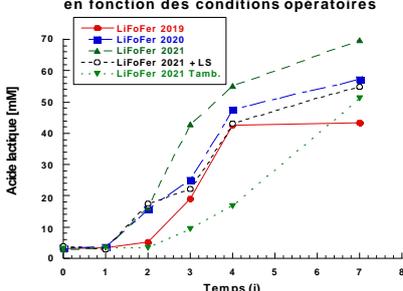


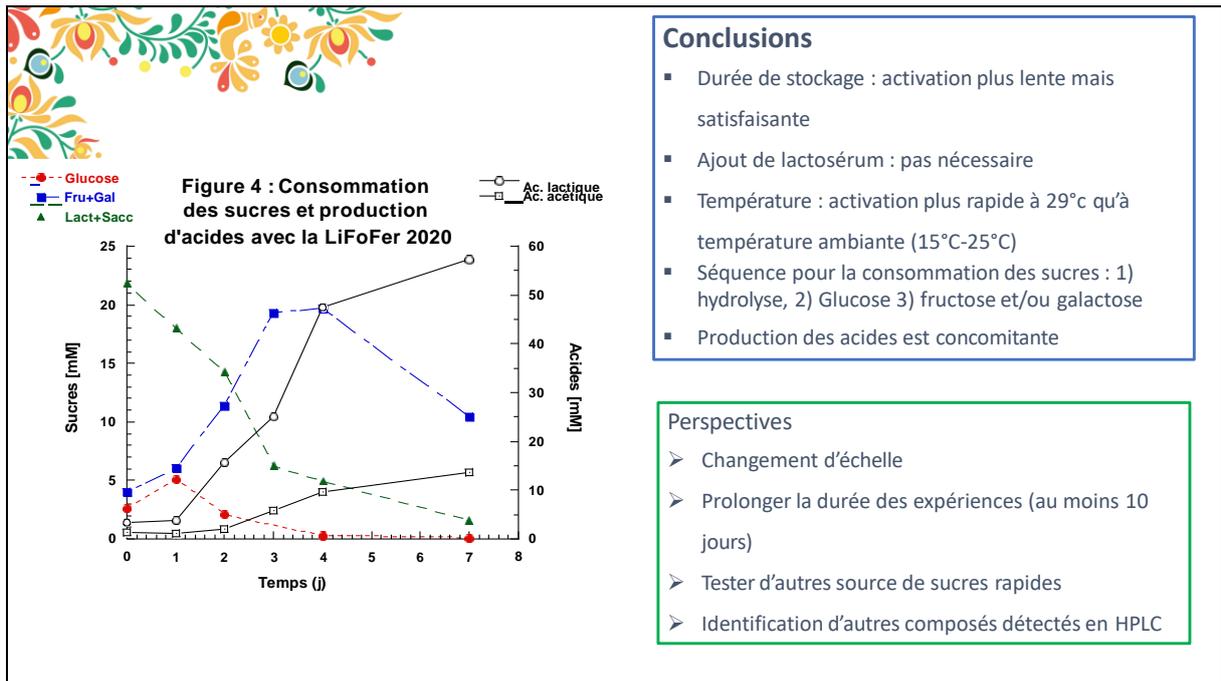
Figure 3 : Production d'acide lactique en fonction des conditions opératoires



Conditions opératoires	LiFoFer 2019	LiFoFer 2020	LiFoFer 2021	LiFoFer 2021 + Lactosérum	LiFoFer 2021 T° ambiante
Consommation de sucres totaux [mM]	16.4	18.7	25.3	31.4	22.2
Production d'ac. lactique [mM]	40.3	53.9	66.9	52.1	48.1
Production d'ac. acétique [mM]	15.8	12.6	12.4	6.85	2.40
Rendement en ac. lactique [mM/mM]	2.45	2.88	2.64	1.65	2.17
Rendement en ac. acétique [mM/mM]	0.96	0.68	0.49	0.22	0.11

Consommation de sucres, Production d'acides et rendements après 7 jours de ferment

Diapositive 19

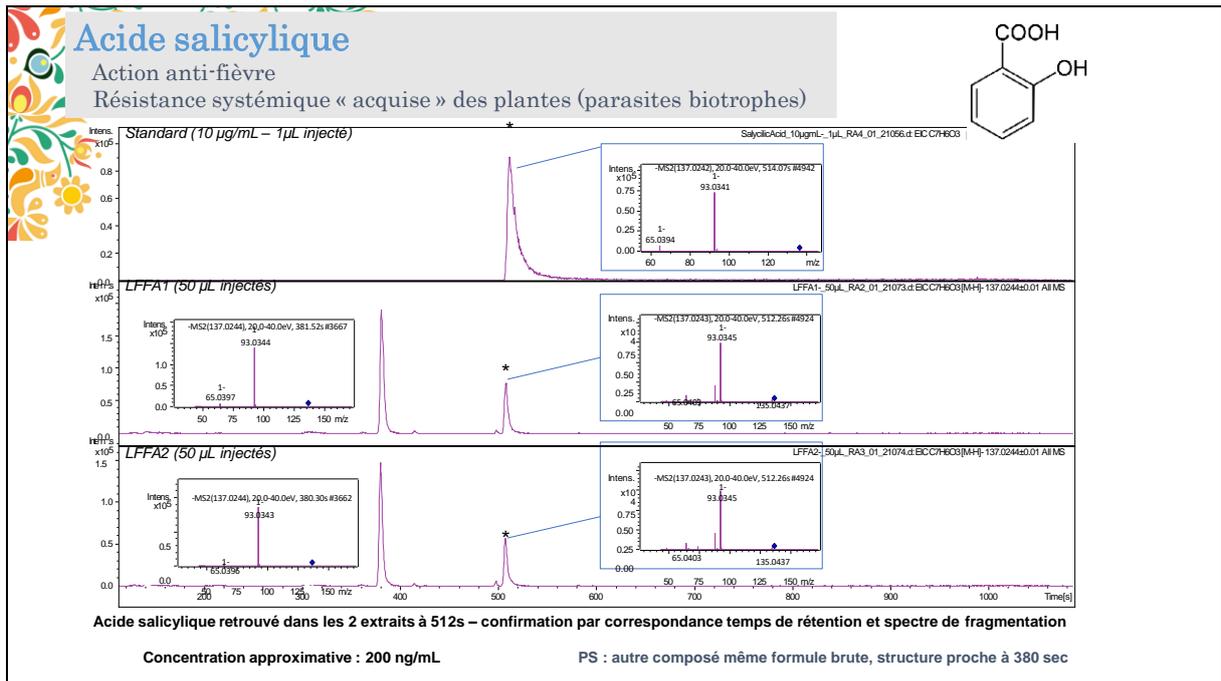


Diapositive 20

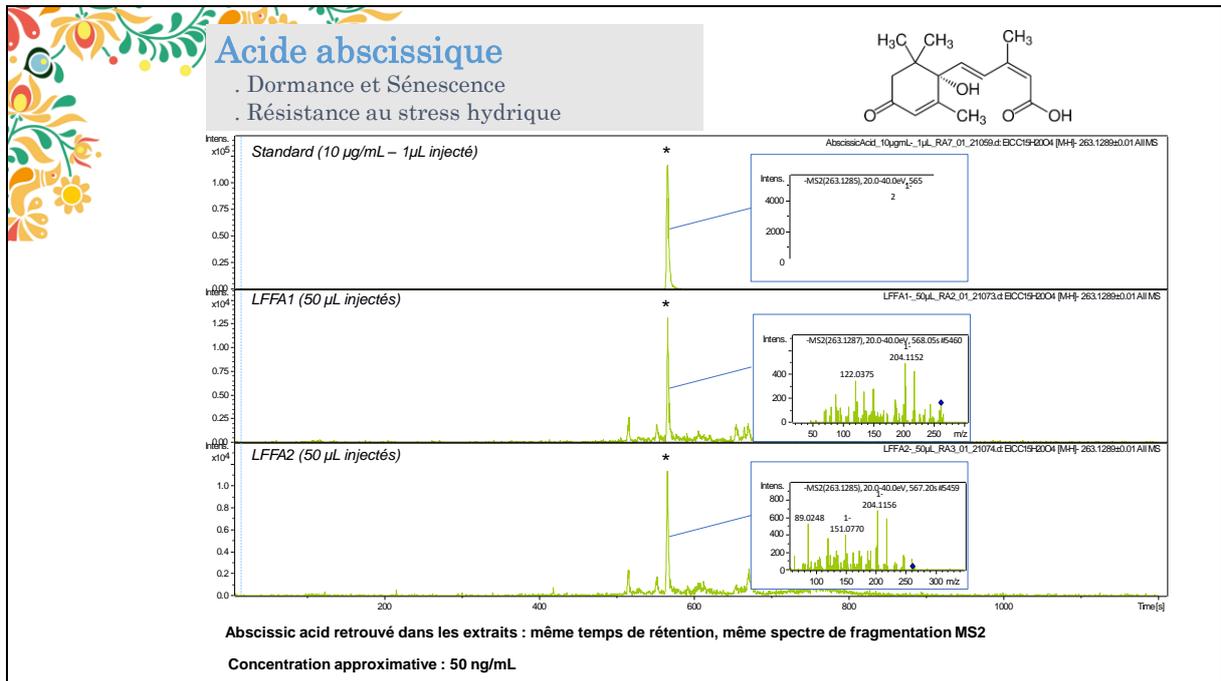
Recherche d'hormones végétales dans la LiFoFer activée

Standards testés :
Acide salicylique, acide jasmonique, acide abscissique, acide indol acétique, acide gibbérellique

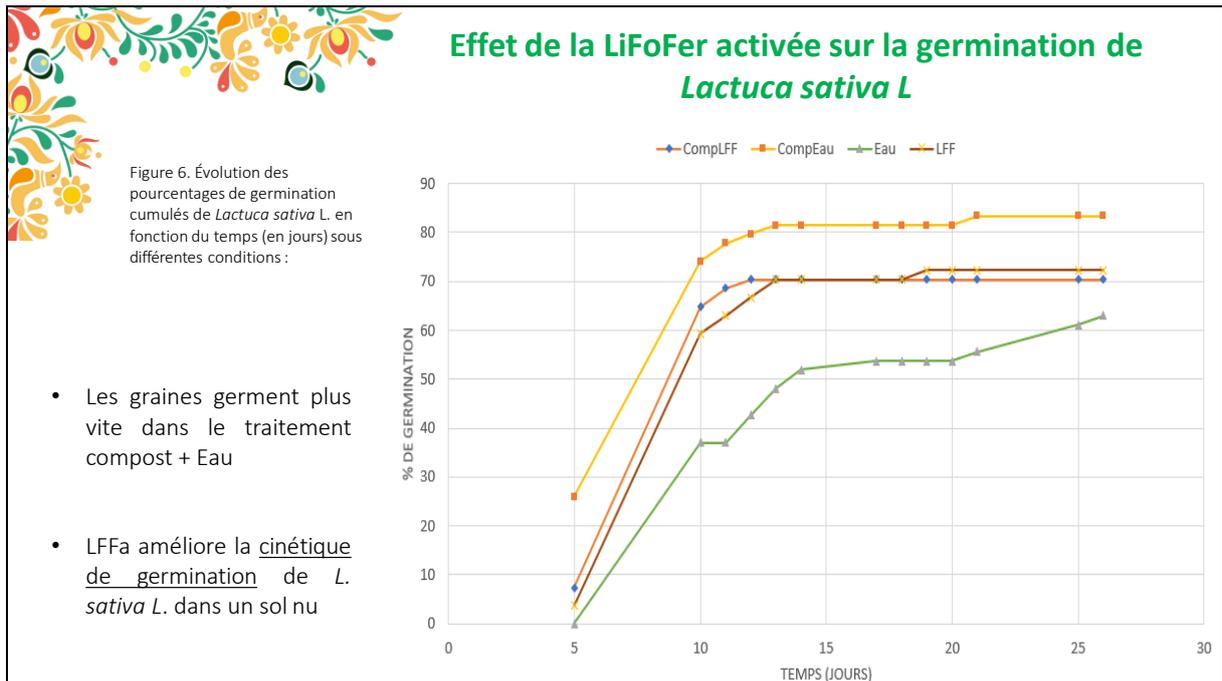
Diapositive 21



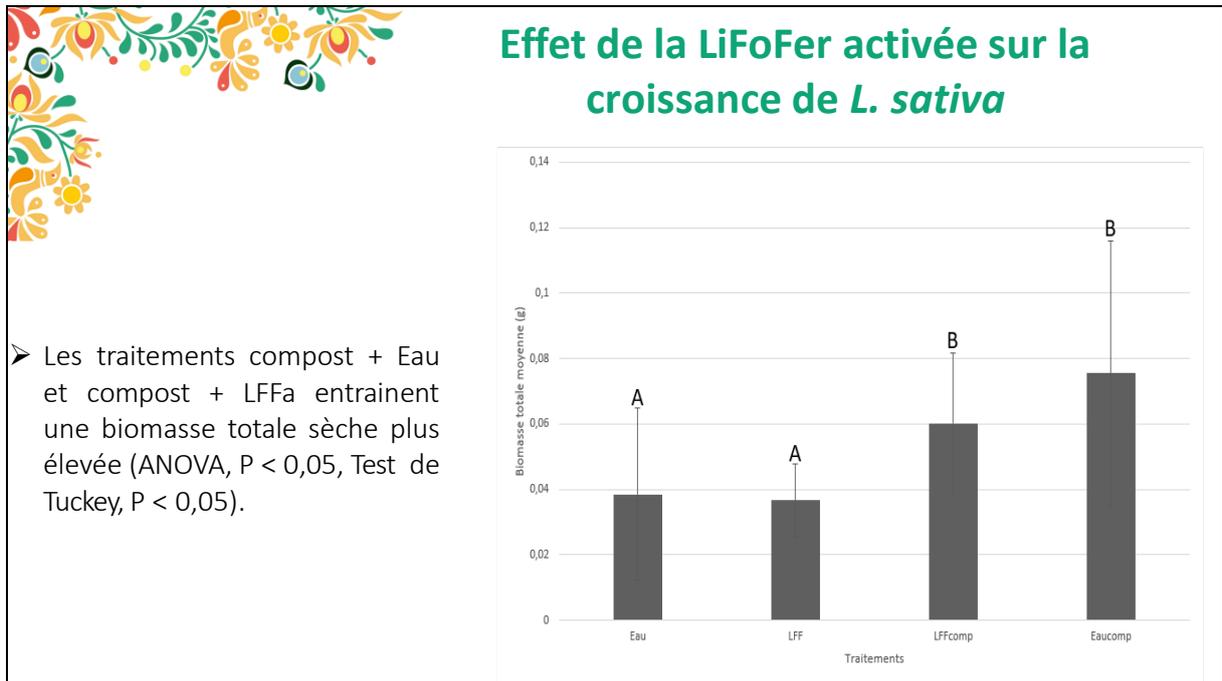
Diapositive 22



Diapositive 23



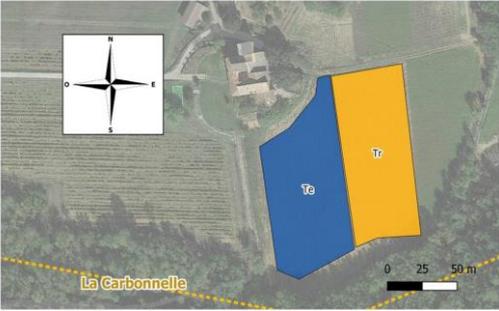
Diapositive 24



Diapositive 25

CABINET D'AGRONOMIE PROVENÇALE

Expérimentation (Viticulture)

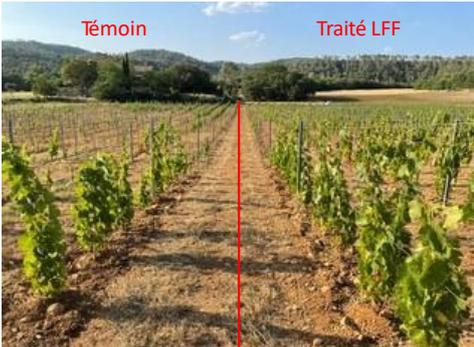


- Plantation en 2020 à la Carbonnelle
- Cépage : Cinsault
- Traitement : 3 fois/an à 10% au sol (50L/ha)
- Variables : taux de débourrement ; croissance végétative ; estimation précoce du rendement ; état hydrique du sol , etc.

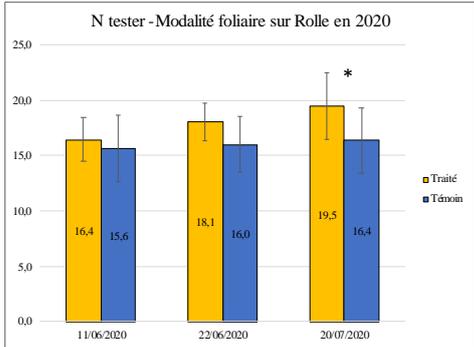
Diapositive 26

CABINET D'AGRONOMIE PROVENÇALE

Effets de la LiFoFer en viticulture depuis 2020 avec quelques résultats intéressants



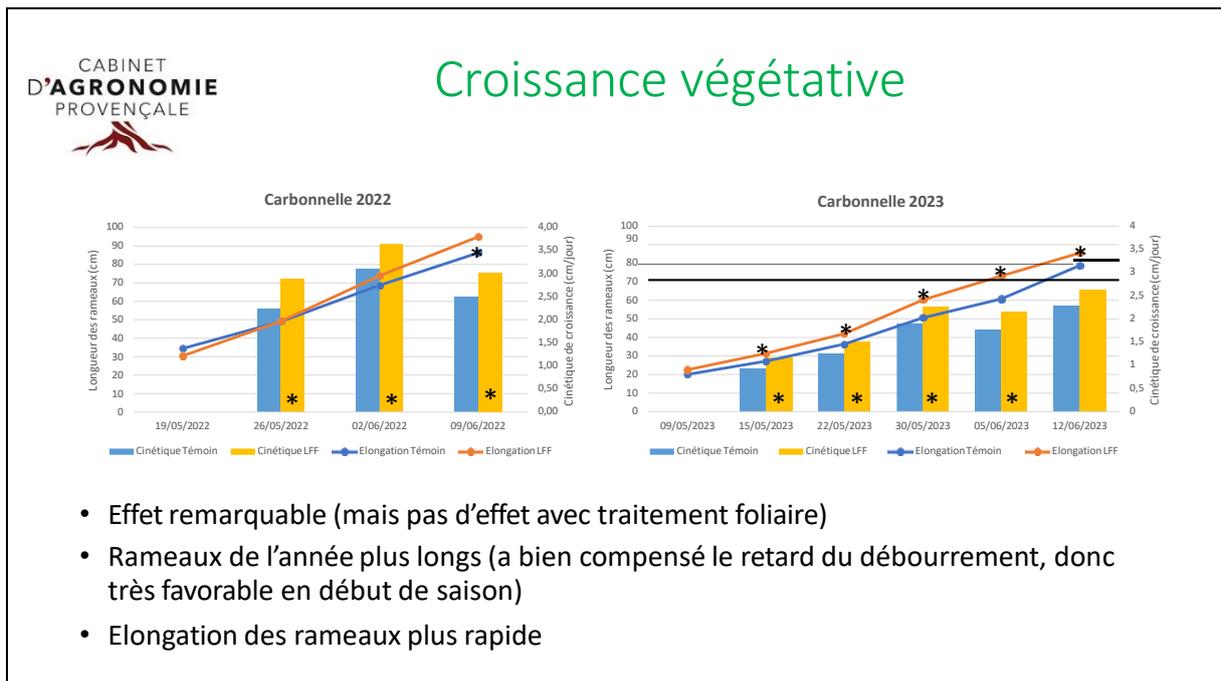
Pulvérisation au sol de la LFF à 10% 3 fois par an



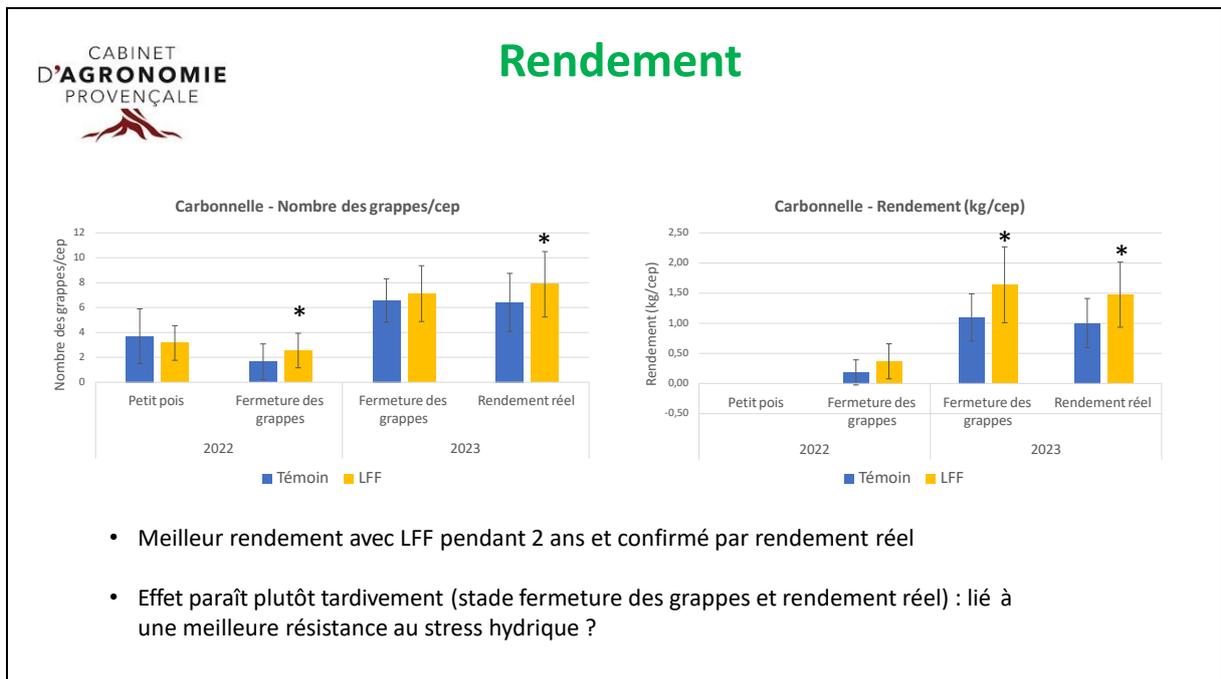
Date	Traité	Témoin
11/06/2020	16,4	15,6
22/06/2020	18,1	16,0
20/07/2020	19,5	16,4

Pulvérisation foliaire de la LFF à 3% 4 fois par an

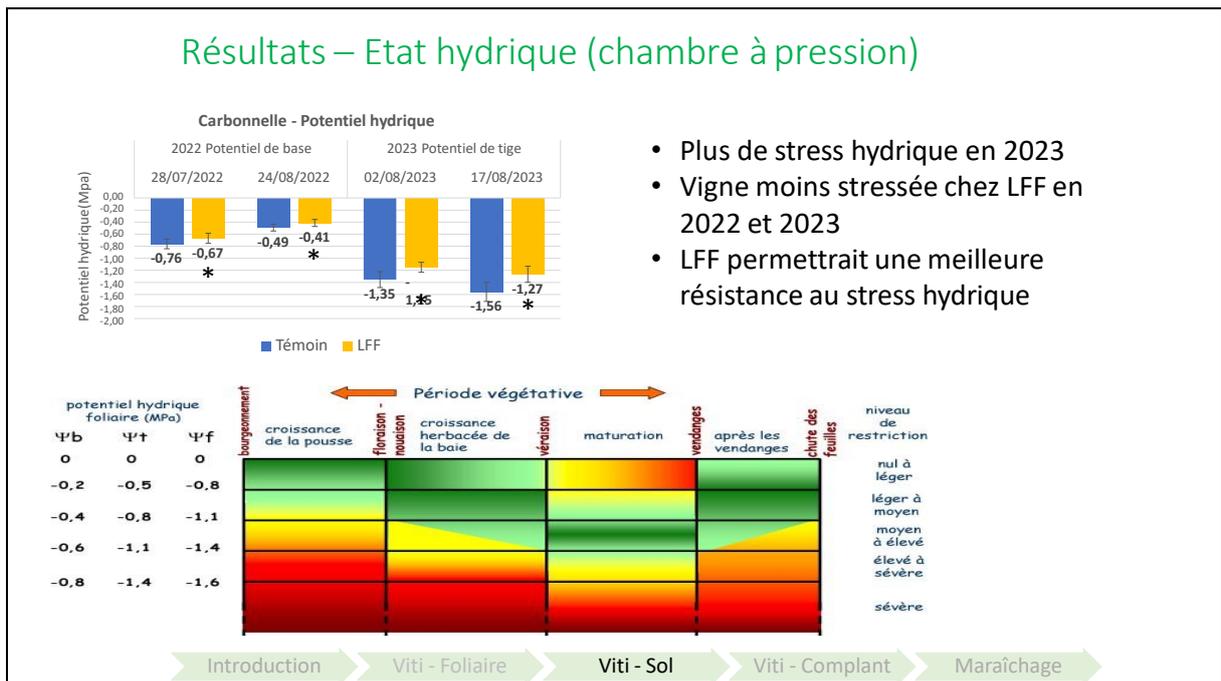
Diapositive 27



Diapositive 28



Diapositive 29



- Plus de stress hydrique en 2023
- Vigne moins stressée chez LFF en 2022 et 2023
- LFF permettrait une meilleure résistance au stress hydrique

Diapositive 30

Conclusions

- ❖ FMS : rapide chute du pH et production d'acide lactique (et acétique)
- ❖ Peu d'influence de l'origine de la litière forestière sur LiFoFer (sauf pin maritime)
- ❖ Production de COVs (éthanol et acétate d'éthyle) caractéristiques de l'odeur de la LiFoFer
- ❖ Maximum d'activité respiratoire après 6-8 jours
- ❖ De faibles quantités d'O₂ sont bénéfiques (équilibre entre diversité fonctionnelle, absence de pathogènes, dégradation de la MO, croissance BL)
- ❖ En ananérobiose stricte : prépondérance de BL (activités antimicrobiennes, probiotiques) + *Saccharomyces* et *Clavispora* (saprophytes) et *T. delbrueckii* (contre phytopathogènes)
- ❖ En présence d'O₂ : *Saccharomyces* disparaît, *Fusarium* et *Chlonostachys* prolifèrent (pathogènes), *Mucor* apparaît
- ❖ Activation : la LiFoFer solide se conserve au moins 3 ans, pas besoin de rajouter lactosérum, sensible à la température (29°C vs Temp. ambiante)
- ❖ Présence de 2 hormones de croissance dans LiFoFer_{act.} (ac salicylique, et ac abscissique)
- ❖ Booste la germination mais pas d'effet net sur la croissance de *Lactuca sativa*.
- ❖ Viticulture : améliore rendement, croissance et potentiel hydrique (dans certains cas)

DISCUSSION

Question : Combien de temps doit-on stocker le petit-lait lors de l'activation ?

Réponse : Pour la fermentation liquide, une fois à partir de la mélasse, on peut travailler à température ambiante. Les résultats des expériences menées entre 15 et 25 degrés montrent

des cinétiques de chute de pH, de consommation de sucre et de production d'acide, entre autres. Initialement, le lactose (disaccharide présent dans le petit-lait) est présent, mais il diminue après 7 jours. Le glucose apparaît lors de l'activation, mais il est rapidement consommé. Après 4 jours, les autres monosaccharides (fructose et galactose) sont préférés par les micro-organismes par rapport au glucose. En conclusion, il n'est pas nécessaire d'ajouter du petit-lait pendant une longue période, car il peut être conservé.

Par le biais de LCMS, nous avons mis en évidence l'acidité et l'acide abscissique qui s'avère intéressant car il intervient dans la résistance des plantes à la sécheresse. Dans le contexte actuel, cela revêt une grande importance. Nous avons réalisé quelques tests agronomiques sur la germination des plantes et avons constaté que l'acide abscissique favorise la germination. Nous avons utilisé des graines légèrement vieilles de laitue, et les résultats ont été plus rapides. Le pourcentage final de germination est plus élevé avec l'acide abscissique, même si le compost donne de meilleurs résultats en termes de croissance. Nos conclusions rejoignent celles présentées lors de cette journée : nous avons travaillé sur des terres d'excavation très pauvres en matière organique, à une profondeur d'un à deux mètres, à Marseille, où la teneur en carbonate de calcium est très élevée.

Je ne crois pas que la matière organique soit un facteur déterminant. Nous avons peut-être appliqué des conditions trop extrêmes, mais ce qui a vraiment fait la différence, c'est le compost. Il est évident qu'il faut apporter de la matière organique, mais cela est bien moins efficace que le compost, évidemment.

J'ai peu de temps, donc je vais résumer rapidement les résultats transmis par le cabinet d'agronomie provençale. En viticulture, ils sont basés dans le Var, près de la limite entre le Var et les Bouches-du-Rhône. Ils ont réalisé des traitements trois fois par an à une concentration de 10 %. L'image montre une comparaison entre un témoin (à gauche) et un traitement à la Lifofer (à droite). On observe une augmentation de la biomasse foliaire avec la pulvérisation au sol, à raison de 10 % trois fois par an pendant deux ou trois ans.

Cet effet est particulièrement notable au niveau de la croissance végétative, de la taille des rameaux et de la vitesse de croissance. De plus, la production foliaire est également améliorée. En ce qui concerne les rendements, ils sont très satisfaits des résultats. Le nombre de grappes par pied de vigne ainsi que le poids et la quantité de raisin produits ont augmenté.

En résumé, ils ont obtenu un gain net après trois ans d'application de ces traitements, en suivant également les recommandations relatives à l'état hydrique.

Je ne vais peut-être pas me tromper, mais ils ont montré qu'ils ont des résultats. Enfin, une meilleure teneur en eau, on peut dire ça d'une certaine manière. Il y a besoin d'appliquer une pression moindre dans les échantillons, notamment les pieds de vigne qui sont traités avec ça. Donc, au niveau du potentiel hydrique aussi. Ils ont remarqué que l'apport de l'engrais était positif. Donc, les conclusions sont résumées ici.

Donc non, cela concerne la fermentation en milieu solide. On a observé une chute du pH et une production d'acide lactique importante, jusqu'à 60 milligrammes par gramme de matière sèche. Peu d'influence de l'origine de la litière dans les litières qu'on a testées, sauf celle de Pin maritime qui est très acide et en plus, elle contient des huiles essentielles. Si elle n'est pas compostée, donc le pin et les conifères en général, il vaut mieux les éviter à moins qu'ils soient bien compostés.

Nous avons mis en évidence les composés organiques volatils, à savoir l'éthanol et l'acétate d'éthyle, qui sont intéressants. Dans la production, ces composés sont étroitement liés à la croissance et à la respiration. Le pic d'activité se produit après 68 jours d'activité respiratoire.

Lors des manipulations en batch, c'est-à-dire dans des conditions proches des conditions artisanales, une petite quantité d'oxygène est souhaitable, mais vraiment très peu.

Nous avons également observé une micro-aérophagie et une prépondérance de bactéries lactiques en aérobiose. Nous avons constaté la présence de deux hormones favorisant la germination en viticulture.

Ces résultats sont encourageants. Merci beaucoup, Pierre.

Diapositive 3

Mobilisation du *microbiote du sol* comme un des leviers de la transition agroécologique: MICSOL

1-Compréhension de l'écologie des communautés microbiennes et des interactions biotiques en lien avec les services délivrés par les agro-écosystèmes,

Diapositive 4

Mobilisation du *microbiote du sol* comme un des leviers de la transition agroécologique: MICSOL

1-Compréhension de l'écologie des communautés microbiennes et des interactions biotiques en lien avec les services délivrés par les agro-écosystèmes,

2- Evaluation de l'impact des pratiques agricoles sur la diversité communautés microbiennes et les interactions biotiques en lien avec les services délivrés par les agro-écosystèmes

Diapositive 5

Mobilisation du *microbiote du sol* comme un des leviers de la transition agroécologique: MICSOL

The diagram illustrates the MICSOL process. On the left, two circles represent 'Evaluation de l'impact des pratiques agricoles' (top) and 'Ingénierie écologique et bioindicateurs' (bottom), with an upward arrow between them. Arrows from both point to a central circle: 'Communautés microbiennes et interactions biotiques'. An arrow from this central circle points to a cluster of smaller circles representing various agroecosystem services like water, soil, and biodiversity.

- 1- Compréhension de l'écologie des communautés microbiennes et des interactions biotiques en lien avec les services délivrés par les agro-écosystèmes
- 2- Evaluation de l'impact des pratiques agricoles sur la diversité des communautés microbiennes et les interactions biotiques en lien avec les services délivrés par les agro-écosystèmes
- 3- Développement d'approches d'ingénierie écologique et de bioindicateurs en lien avec la performance et la durabilité des agroécosystèmes

Diapositive 6

Bioproduits à base de microbes et réglementation dans le domaine de la production agricole

1-Produits de BIOCONTROLE: Réduction d'usage des pesticides, recours au biocontrôle

The flowchart shows three regulatory frameworks leading to biocontrol actions. From left to right: 1. 'Directive Européenne 2009/128/EC' (European Union flag) leads to 'Utilisation de méthodes non chimiques de protection des plantes'. 2. 'LA LOI D'AVENIR' (French flag) leads to '« L'Etat [...] soutient les acteurs professionnels dans le développement des solutions de biocontrôle [...] »'. 3. 'ÉCOPHYTO' (French flag) leads to 'Action 1.3 : « Promouvoir et développer le biocontrôle et faciliter le recours aux préparations naturelles peu préoccupantes »'.

Diapositive 7

Bioproduits à base de microbes et réglementation dans le domaine de la production agricole

1-Produits de BIOCONTROL: Un changement de paradigme: développement de la gestion intégrée des pestes

From <https://www.ibma-global.org/en/>

Diapositive 8

Bioproduits à base de microbes et réglementation dans le domaine de la production agricole

1-Produits de BIOCONTROL: Une seule réglementation (**EU-Regulation 1107/2009/**) régulant la mise sur le marché des produits de protection des plantes (PPP) qu'il soit issue de la **synthèse chimique** ou qu'il soit d'**origine naturelle**.

3 classes principales classes de produits de biocontrol:

- Microorganismes
- Substances naturelles d'origine minérale, végétale, ou animale
- Médiateurs chimiques (tels que les phéromones, confusion sexuelle)

Liste des produits de biocontrôle autorisés en France publiée chaque année par la DGAL du Ministère de l'Agriculture <https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-2023-240>

A noter que les **stimulateurs de défense naturelle des plantes (SDN ou SDP)** d'origine naturelles : minérale (calcite, silicate), végétale (extraits de plantes, algues, hormones), microbienne (champignons, levures, bactéries) ou d'origine synthétique : phosphonates, benzothiadiazoles, acides aminés.... Sont aussi soumis au règlement **UE/1107/2009/**

Diapositive 9

Bioproduits à base de microbes et réglementation dans le domaine de la production agricole

1-Produits de BIOCONTROLE: principaux éléments demandés au producteur dans le dossier d'homologation

- 1- Description des **propriétés physicochimiques** de la substance active, **préconisations** d'usage et mesures de protection
- 2- **Efficacité de la substance active** pour l'usage demandé (sélectivité, impact sur le rendement, effet sur la culture suivante, résistance)
- 3- **Devenir environnemental** de la substance active dans les sols (dissipation, biodégradation, transfert)
- 4- **Toxicité** de la substance active **pour l'Homme** (exposition du travailleur, exposition du consommateur (LMR, limite maximale de résidus))
- 5- **Toxicité** de la substance active pour les **organismes vivants non-cibles terrestres** (oiseaux, mammifères, plantes, abeilles, arthropodes, vers de terre, microorganismes) et **aquatiques** (daphnies).

⇒ Exemple: [avis ANSES STIFENIA](#)



Diapositive 10

Bioproduits à base de microbes et réglementation dans le domaine de la production agricole

1-Produits de BIOCONTROLE: quelques produits autorisés par la DGAL

Partie A: Produits phytopharmaceutiques de biocontrôle comprenant des micro-organismes

Trichoderma asperellum T34, T34 Biocontrol, 2160492, fongicides 

Partie B: Produits phytopharmaceutiques de biocontrôle comprenant des médiateurs chimiques comme les phéromones et les kairomones

Phéromones à chaînes latérales, TUTATEC, 2200133, lepidoptères (mineuse de de la tomate) 

Partie C: Produits phytopharmaceutiques de biocontrôle comprenant des substances naturelles d'origine végétale, animale ou minérale

Extrait de Fenugrec, STIFENIA, 2050030, stimulateur des défenses naturelle (vigne) 

Partie D: Pièges à insectes

Deltamethrine (pyréthriinoïdes), CERATIPACK, 2130114, piège à insectes  



Diapositive 11

Bioproduits à base de microbes et réglementation dans le domaine de la production agricole

1-Produits de BIOCONTROLE:
L'évaluation du risque d'une substance active synthétique est-elle adaptée aux produits de biocontrôle?

<p>Partie B: Produits phytopharmaceutiques de biocontrôle comprenant des médiateurs chimiques comme les phéromones et les kairomones</p> <p>Partie D: Pièges à insectes</p>	<p>⇒</p>	Oui	<p>Biocontrol, new questions for Ecotoxicology?</p> <p>Marcel Amichot¹ · Pierre Joly² · Fabrice Martin-Laurent³ · David Siauxsat⁴ · Anne-Violette Lavoie¹</p> <p><small>Environmental Science and Pollution Research (2018) 25:33895–33900 https://doi.org/10.1007/s11356-018-3356-5</small></p>
<p>Partie C: Produits phytopharmaceutiques de biocontrôle comprenant des substances naturelles d'origine végétale, animale ou minérale</p>	<p>⇒</p>	Non , car la substance active est souvent complexe, le mode d'action peu ou pas connue; cas particulier des minéraux (cinétique d'accumulation)	
<p>Partie A: Produits phytopharmaceutiques de biocontrôle comprenant des micro-organismes</p>	<p>⇒</p>	Non , car organismes vivants pouvant se reproduire et donner une partie de son patrimoine génétique à la microflore autochtone	

Diapositive 12

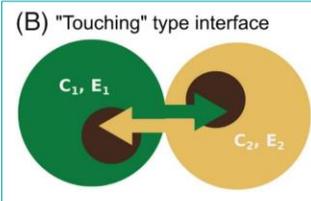
Bioproduits à base de microbes et réglementation dans le domaine de la production agricole

1-Produits de BIOCONTROLE:
L'évaluation du risque d'une substance active synthétique est-elle adaptée aux produits de biocontrôle?

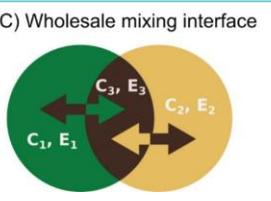
Partie A: Produits phytopharmaceutiques de biocontrôle comprenant des micro-organismes

Prise en compte du concept de coalescence de communautés

(B) "Touching" type interface



(C) Wholesale mixing interface



Mansour et al., 2018

Application of the microbial community coalescence concept to riverine networks

Biological Reviews 93, 1832-1845

Contexte de continuum:

(Communauté 1 dans Environnement 1) + (Communauté 2 dans Environnement 2)
= **(Communauté 3 dans Environnement 3)**



Diapositive 13

Bioproduits à base de microbes et réglementation dans le domaine de la production agricole

2-Produits de BIOSTIMULATION et MATIERES FERTILISANTES:

Jusqu'en 2022 les produits de biostimulation devaient suivre le règlement **CE 2003/2003**: dorénavant ils devront suivre le règlement **UE 2019/1009** relatif à la mise en marché des **Matières Fertilisantes et Supports de Culture (MFSC)**

7 catégories de produits selon leur fonction

PFC	Description
PFC 1	Fertilisants (engrais biologique, organique / organo-minéral/ inorganique)
PFC 2	Amendement minéral basique
PFC 3	Amendement du sol
PFC 4	Support de culture
PFC 5	Inhibiteur
PFC 6	Biostimulant végétal
PFC 7	Mélange de produits fertilisants

14 catégories de Matières Constitutives (CMC)

CMC	Description
CMC 1	Substances et mélanges à base de matières vierges
CMC 2	Végétaux, parties de végétaux ou extraits de végétaux
CMC 3*	Compost
CMC 4	Digestat issu de cultures végétales
CMC 5*	Digestat autre qu'issu de cultures végétales
CMC 6	Sous-produits de l'industrie alimentaire
CMC 7**	Micro-organismes
CMC 8	Polymères nutritifs
CMC 9	Polymères autres que des polymères nutritifs
CMC 10	Produits dérivés au sens du règlement (CE) n° 1069/2009
CMC 11	Sous-produits au sens de la directive 2008/98/CE
CMC 12	Sels de phosphate précipités et dérivés (struvite)
CMC 13	Matériaux issus de l'oxydation thermique et dérivés (cendres)
CMC 14	Matériaux issus de la pyrolyse et de la gazéification (biochar)

CMC7 : 4 classes microbiennes y figurent pour l'instant *Azotobacter* spp, *Mycorhizal fungi*, *Rhizobium* spp et *Azospirillum* spp. L'article 42 du règlement prévoit l'ajout de microorganismes d'intérêt dans le futur. Cependant, à ce jour la Commission Européenne n'a pas spécifié la procédure d'inscription de nouveaux microorganismes.

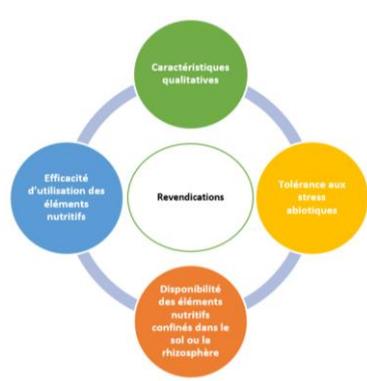


Diapositive 14

Bioproduits à base de microbes et réglementation dans le domaine de la production agricole

2-Produits de BIOSTIMULATION et MATIERES FERTILISANTES:

Caractéristiques revendiquées par le producteur



Vérification des revendications
Chaque paramètre (qualité, innocuité, revendication...) pourra être mesuré par une (et une seule) norme EN harmonisée, pour donner la présomption de conformité.

Intervention d'un organisme notifié

Module A	Module A1	Module B+C	Module D1
<ul style="list-style-type: none"> PFC 1 à 4 et PFC 7* CMC 1, 4, 6, 7, 8 et/ou 11** 	<ul style="list-style-type: none"> PFC 1 et 7 à haute valeur azotée 	<ul style="list-style-type: none"> PFC 1 à 7* CMC 1,2, 4, 6, 7, 8, 9, 10 et/ou 11** 	<ul style="list-style-type: none"> ensemble des PFC ensemble des CMC

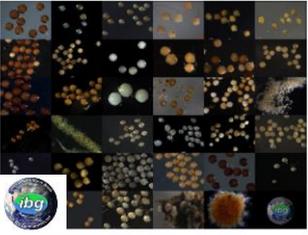
autoévaluation Biostimulants

* (exclusion faite des produits à haute valeur azotée pour lesquels le module A1 prévaut)
** exclusion faite des inhibiteurs



Diapositive 15

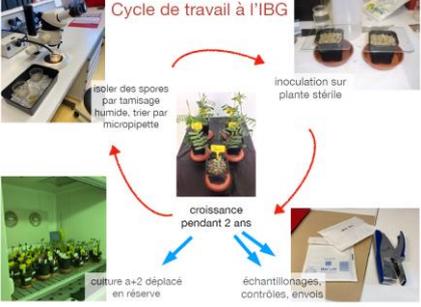
Bioproduits à base de microbes : 'success story' historique du laboratoire



International Bank of Glomales
IBiSA Infrastructures en Biologie Santé et Agronomie

RARE Ressources agronomiques pour la recherche

Cycle de travail à l'IBG



spolier des spores par tamisage humide, trier par micropipette → inoculation sur plante stérile → croissance pendant 2 ans → culture a+2 déplacé en réserve → échantillonnages, contrôles, envois

Glomus intraradices -> **Rhizophagus irregularis**
1^{er} inoculant de champignon endomycorhizien : Biorhize -> Agrauxine -> Lallemand Plant Care



800 spores/gramme d'endomycorhize *Glomus intraradices*



4000 spores/gramme d'endomycorhize *Glomus intraradices*



MYCOR 50



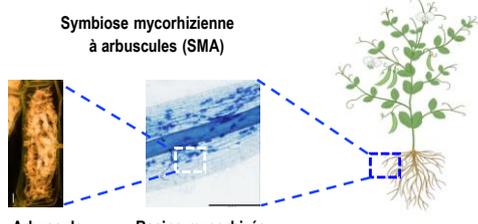
PROMIX HP



Diapositive 16

Bioproduits à base de microbes : des recherches pour développer des inoculants mycorhiziens innovants

Symbiose mycorhizienne à arbuscules (SMA)



Arbuscule Racine mycorhizée

Interface plante-CMA

➔

Comment les communautés de CMA participent-elles à la nutrition et la santé des plantes (pérennes et annuelles) ?

✓ **Transporteurs de nutriments CMA et plante** (2,5/9.5 ETP) ✓ **Régulation fine des transporteurs** (3/9.5 ETP)

- ✓ Identification, phylogénie, structure
- ✓ Caractérisation fonctionnelle
- ✓ Distribution spatiale (R & D)



Projet Indices 2023-2026
1 PhD

- ✓ Communautés synthétiques
- ✓ Fonctionnement Holobionte plante
- ✓ Interactions plante - plante
- ✓ Distribution spatiale (R & D)



Projet Pioneer ? 2024-2026
2 IE

Projet Agriverse ? 2024-2026
1 Post-doc

Projet Reeves 2024-2026
1 PhD

Diapositive 17

Bioproduits à base de microbes : 'success story' historique du laboratoire



RhizoFlo® Soja
Pour gagner des quintaux

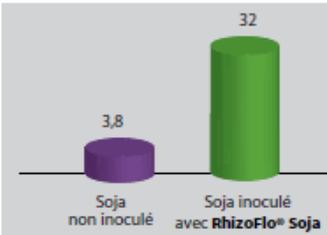
Inoculation du soja par *Bradyrhizobium japonicum* souche G49 (pour mémoire en France 186 000 hectares sont cultivées en soja pour 490 000 tonnes produites, données 2020)

RhizoFlo® Soja
Pour gagner des quintaux

CARACTÉRISTIQUES:

- Bactérie : *Bradyrhizobium japonicum*
- Souche : G49, sélectionnée et contrôlée par l'INRA de Dijon
- Richesse maximale : 1x10¹⁰ germes par ml de suspension bactérienne
- Autorisation de mise sur le marché en France : N° 1020021
- Support : Inoculum liquide

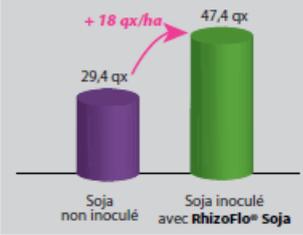
Nombre de nodosités sur les racines de soja (4 essais annuels)



Traitement	Nombre de nodosités
Soja non inoculé	3,8
Soja inoculé avec RhizoFlo® Soja	32

Essais réalisés par l'INRA de Dijon sur une parcelle n'ayant jamais été cultivée en soja

Rendement de la production de soja



Traitement	Rendement (qx/ha)
Soja non inoculé	29,4 qx
Soja inoculé avec RhizoFlo® Soja	47,4 qx

Essais réalisés par l'INRA de Dijon sur une parcelle n'ayant jamais été cultivée en soja



INRAE











Diapositive 18

Bioproduits à base de microbes : 'success story' historique du laboratoire

Valorisation: contrat de licence INRAE Transfert avec l'industriel:

L'UMR Agroécologie fournit la souche pure à l'industriel

L'industriel produit l'inoculant microbien et l'envoie à l'UMR Agroécologie pour contrôle qualité

L'UMR Agroécologie vérifie:

- La pureté de l'inoculant
- L'efficacité de l'inoculant par des essais contrôlés conduits en serre (nombre de nodosités par racine)
- L'efficacité de l'inoculant par des essais contrôlés conduits en plein champs (rendement des cultures de soja)

L'UMR Agroécologie envoie un rapport à l'Industriel qui peut alors mentionner sur l'inoculant que le produit a été vérifié par l'INRAE



INRAE











Diapositive 19

Bioproduits à base de microbes : d'autres inoculants bactériens en cours de développement



Développement d'un inoculant à base *Rhizobium* spp pour la culture de **pois chiche** en France



PRINCIPALES ZONES DE PRODUCTION DU POIS CHICHE EN FRANCE
(Occitanie, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Nouvelle-Aquitaine, Bourgogne-Franche-Comté, Centre-Val-de-Loire)

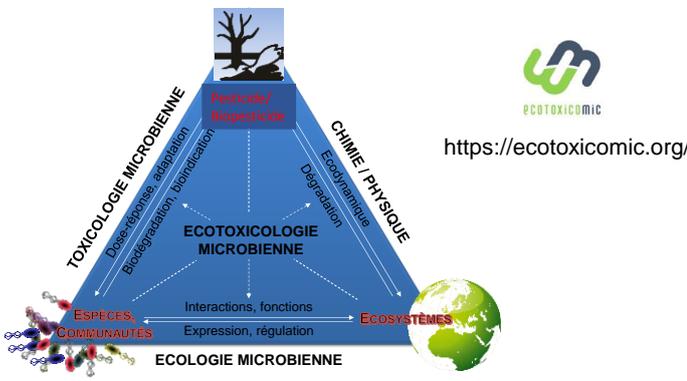
POIS CHICHE SURFACES 2018
32 273 ha

Source : Terra Nostra d'après FranceAgriMer



Diapositive 20

Bioproduits à base de microbes : des recherches en écotoxicologie microbienne pour les tracer et évaluer leurs impacts



<https://ecotoxicomic.org/>



(i) le rôle des microorganismes et des fonctions microbiennes dans la dynamique des pesticides

(ii) Impacts des pesticides sur les micro-organismes et les fonctions microbiennes

Environ Sci Pollut Res (2016) 23:3981–3993
DOI 10.1007/s11356-016-7363-4

ÉDITORIAL

Microbial ecotoxicology: an emerging discipline facing contemporary environmental threats

Jean-François Ch

Réseau international d'écotoxicologie microbienne EcotoxicoMIC
<https://ecotoxicomic.org/>



Diapositive 21

Bioproduits à base de microbes : besoin de nouveaux standard pour tracer et évaluer leurs impacts

Standardisation of methods in soil microbiology: progress and challenges
Laurent Philippot¹, Karl Ritz², Pascal Pandard³, Sara Hallin⁴ & Fabrice Martin-Laurent^{1,5}
¹INRA, UMRI 1347 Agroécologie, Dijon, France; ²Department of Environmental Science and Technology, School of Applied Sciences, National Soil Research Institute, Cranfield University, Cranfield, UK; ³INRAE, Parc Technologique ALATA, Versailles en Yvelines, France; ⁴Department of Microbiology, Israeli University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden; and ⁵Université Agro-écologique, Dijon, France

Diversité
 ► *29843 (-1, -2, 2010): Analyse des acides phospholipidiques (PLFA) et des ether phospho-lipides (PLEL)

Integrated Environmental Assessment and Management – Volume 14, Number 4 – pp. 463-474
 Received 29 November 2007 | Received for Review 14 November 2007 | Accepted 09 March 2008

Critical Review
Standard Methods for the Assessment of Structural and Functional Diversity of Soil Organisms: A Review
Jörg Römcke, ¹Jeanette Bernard, and Fabrice Martin-Laurent

Abondance

- **14240 (-1, -2, 1997):** Biomasse microbienne des sols (RIS et/ou fumigation)
- ***16072 (2002):** Respiration microbienne des sols
- **17155 (2002):** Abondance et activité microbiennes (courbes de respiration)
- ***11063 (2011):** Extraction directe de l'ADN des sols
- ***17601 (2016):** Abondance de groupes microbiens par qPCR

Activité

- **14238 (1997):** Minéralisation de l'azote et nitrification dans les sols
- *** 14239 (1997, 2017):** Minéralisation de composés organiques
- **15685 (2004):** Nitrification potentielle et inhibition de la nitrification
- **23753 (-1, -2, 2005):** Activité déshydrogénase des sols (TTC et INT)
- **22939 (2010):** Profils d'activités enzymatiques des sols (fluorimétrie)
- **18187 (2016):** Activité déshydrogénase d'*A. globiformis*
- ***20130 (2016):** Profils d'activités enzymatiques des sols (colorimétrie)
- ***20131 (-1, -2, 2016):** Dénitrification dans les sols (émission N₂O)

* AFNOR leadership

Diapositive 22

Bioproduits à base de microbes : besoin de nouveaux standards pour tracer et évaluer leurs impacts

ISO/TC 190/SC 4/WG 4 N 451 Liste de critères pour la sélection d'indicateurs des fonctions microbiennes (J Römcke and BM Wilke)

ISO/TC 190/SC 4/WG 4 N 4 Identification des indicateurs fonctionnels (et des méthodes pour les mesurer) les plus appropriés à l'évaluation de fonctions écosystémiques des sols (BM Wilke)

Diversité

→

Identification of new microbial functional standards for soil quality assessment

Sören Thiek-Bruhl¹, Michael Schloter², Berndt-Michael Wilke³, Lee A. Beaudette⁴, Fabrice Martin-Laurent¹, Nathalie Choutrou¹, Christian Mougeot¹, and Jörg Römcke¹

SOIL, 6, 17–24, 2020
 https://doi.org/10.1016/j.soil.2019.11.001
 © Author(s) 2020. This work is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.

⇒ **Perspectives** : développement de package de méthodes pour mesurer l'abondance, la diversité et l'activité de guildes microbiennes fonctionnelles supportant des services écosystémiques des sols (cycle de l'azote, filtration,...)

➔ **Towards a better pesticide policy for the European Union**

Veronika Storck ^a, Dimitrios G. Karpouzias ^b, Fabrice Martin-Laurent ^{a,*}

^a Agroécologie, AgroSup Dijon, INRA, Univ. Bourgogne Franche-Comté, Dijon, France
^b University of Thessaly, Department of Biochemistry and Biotechnology, Ploutonos 26 and Aiobiu, 41221 Larissa, Greece

Science of the Total Environment 575 (2017) 1027–1033

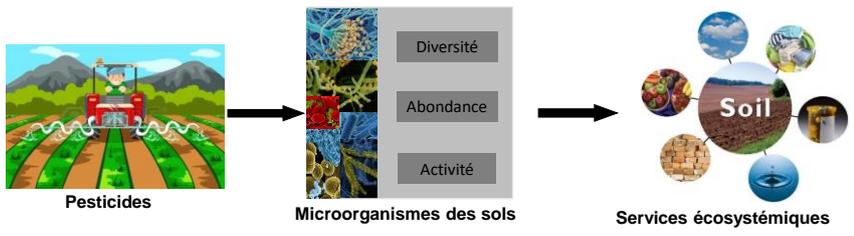
Diapositive 23

Bioproduits à base de microbes : vers une nouvelle réglementation sur les PPPs

- Réglementation CE 1107/2009 pour l'autorisation de la mise sur le marché des PPPs; évaluation *a priori* du risque environnemental des PPPs : 

- Evaluation de l'impact de la matière active sur les microorganismes du sol: minéralisation de l'azote [OCDE 216] et du carbone [OCDE 217]

- Tests globaux pas assez sensibles pour évaluer l'impact écotoxicologique des PPPs sur les communautés et les fonctions supportant les services écosystémiques des sols



Pesticides → **Microorganismes des sols** (Diversité, Abondance, Activité) → **Services écosystémiques**

Martin-Laurent et al. (2013) Environ. Sci. Poll. Res. 20: 1203-1205



Diapositive 24

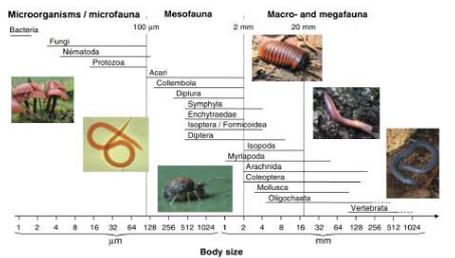
Bioproduits à base de microbes : vers une nouvelle réglementation sur les PPPs

SCIENTIFIC OPINION

 2017

ADOPTED: 15 December 2016
doi: 10.2903/j.efsa.2017.4690

Scientific Opinion addressing the state of the science on risk assessment of plant protection products for in-soil organisms



Issu de l'EFSA Journal 2017;15(2):4690

Vers une révision de la réglementation CE 1107/2009 pour l'autorisation de la mise sur le marché des PPPs ?

▷ **EFSA a proposé dans une opinion scientifique:** une série 'd'endpoints' pour l'évaluation du risque a priori des matières actives sur les organismes non-cibles du sol

- Pour les **microorganismes du sol** :

- (i) Cycle de l'azote (en ciblant la nitrification)
- (ii) Champignons endomycorhiziens (symbionte obligatoire des plantes supérieures)




Diana Wall

Consultation publique 'Les experts du GSBi saluent l'initiative de l'EFSA mais indiquent que les endpoints proposés ne sont pas suffisants pour protéger les fonctions écosystémiques des sols'



Diapositive 25

Bioproduits à base de microbes : vers une nouvelle réglementation sur les PPP

- Phagotrophic protists
- Phototrophic protists
- Saprotrophic protists
- Nitrite-oxidizing bacteria (NOB)
- Ammonia-oxidizing bacteria (AOB) and archaea (AOA)
- Comammox bacteria
- Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF)
- Denitrifying bacteria
- Nitrogen fixing bacteria (NIF)
- Cyanobacteria
- Heterotrophic bacteria
- ↳ Fungi

Projet Européen MARIE-CURIE ARISTO
 Former la prochaine génération d'écotoxicologistes des sols pour évaluer l'écotoxicité des pesticides vis-à-vis des microorganismes du sol (MSCA – ITN – EID – H2020).
<https://aristo.bio.uth.gr/>

Discussion sur la prise en compte du microbiome dans l'ERA des PPP

Frederic Deboe
 CRA Wallonie

Marco Pautasso
 EFSA

Dimitrios G. Karpouzas*, Zisis Vryzas and Fabrice Martin-Laurent
Pesticide soil microbial toxicity: setting the scene for a new pesticide risk assessment for soil microorganisms (IUPAC Technical Report)
<https://doi.org/10.1016/j.p.2022.05.005>
 Received February 3, 2022; accepted September 16, 2022

Diapositive 26

Bioproduits à base de microbes : besoin de nouvelles réglementations sur les PPP

Public Agencies and Actors

Pesticide Policies

Input suppliers → Farmers → Food Industry → Consumers

New Technologies and Inputs → Sustainable Farming → New Processes and Labels → Demand and Preference Shifts

Implication des réglementations sur les produits phytosanitaires sur les acteurs de la chaîne de valeur de 'l'agriculture à l'alimentation'

nature food PERSPECTIVE
<https://doi.org/10.1016/j.nature.2022.05.005>

Pathways for advancing pesticide policies
 Niklas Möhring, Karin Ingold, Per Kudsk, Fabrice Martin-Laurent, Urs Niggli, Michael Siegrist, Bruno Studer, Achim Walter and Robert Finger

2- Pesticide Use Levels: Intensive usage, Intensive usage, Super-intensive usage

Actors of the Food Chain → **Policy Process**

Policy Design and Implementation → **Choose** → **Agricultural Policy Framework** → **Pesticide Policy Mix** (Command & Control, Market Based, Information, Cross Compliance, Environmental Protection) → **Influence** → **Input supplier → Farmer → Food Industry → Consumer** → **Choose** → **Policy Targets and Indicators** → **Evaluate success** → **Choose** → **Policy Design and Implementation**

Vision holistique des différents processus et de leurs interactions sur la définition de nouvelles réglementations sur les PPP

DISCUSSION

Nathalie : C'était juste une remarque. Vous avez soulevé beaucoup de points concernant l'évaluation des risques liés aux micro-organismes utilisés comme pesticides, ainsi que les écarts entre ce que vous, en tant que chercheur, souhaiteriez voir et ce qui est réglementé. La segmentation des problèmes a été largement étudiée dans le contexte des pesticides chimiques. Par exemple, j'ai écrit sur les questions institutionnelles et les effets d'ignorance liés à la réglementation. Il existe une divergence importante entre les chercheurs académiques, notamment les biologistes, qui étudient les effets sur la santé humaine et l'écotoxicologie des insectes, et ce qui est régi par les régulateurs. Cette continuité des problèmes est un sujet de travail important.

En outre, je tiens à souligner que les produits de biocontrôle, y compris les insectes et les micro-organismes, ne sont pas couverts par cette réglementation. Ils sont régis par une réglementation distincte datant de 2012. Il est essentiel de ne pas oublier ces macro-organismes dans le cadre du contrôle, car ils sont également des enjeux importants.

Fabrice Martin : Oui, tout à fait, je n'en ai pas parlé. Voilà, cependant, c'est vrai que ce n'était pas l'objet, mais ce n'était juste pas oublié.

Participant : C'est vrai que c'était avec Robert Finley, qui est sur le sujet du **regulatory gap**.

Fabrice Martin : c'est vrai que moi, par mon expérience, ai navigué dans différentes zones. D'abord en tant qu'expert à l'AFNOR, puis en portant plusieurs normes ISO. Ensuite, j'ai voulu aller plus loin et donc je suis allé écrire des opinions scientifiques. On voit bien qu'il y a différents jeux de lobbies dans différents endroits. Les opinions scientifiques de l'ESA montrent une volonté de l'ESA d'avancer sur ces questions. Le problème, c'est qu'à un moment donné, c'est une décision politique. Autrement dit, il y a un État qui doit prendre en charge la question. Mais par rapport aux députés européens, c'est à eux de le faire. D'ailleurs, dans notre laboratoire, vous les avez peut-être vus passer. Il y avait la Commission Pesticides Pestes, qui a été créée par un député européen français. Ils ont fait tout un tas de recommandations qui ont circulé un peu partout en France. Je crois qu'ils ont formulé 850 recommandations pour améliorer le système. Le député Éric Andrieu était également impliqué. Mais en fait, personne n'a vraiment pris la balle au bond. Autrement dit, il y a un régulateur, le Rica, mais le **regulatory gap** n'est pas lié à ceux qui font la réglementation. Il faut qu'il y ait une volonté politique derrière.

Fabrice Martin : Par rapport au sujet de la journée, je pense quand même qu'il faut faire attention quand on manipule les microbes et les solutions microbiennes. Il y a des choses qui ne sont pas dans le cadre réglementaire, notamment les produits pour la biostimulation. Mais pour tout le reste, il faut faire attention.

Paula : L'objet de ma question est complètement là-dessus. Je rentre de quelques années d'expatriation en Afrique de l'Ouest où la réglementation sur ce type d'objet peut être inexistante ou très faible. Du coup, je me pose la question sur les initiatives d'expérimentation qui ont lieu ici, en France ou dans l'Union européenne. Merci d'ailleurs pour l'exposé très complet, mais je me suis un peu perdue. **Est-ce qu'on est dans les clous ? Qu'est-ce que, en tant que centre de recherche, on a le droit de faire sur le territoire européen en termes d'expérimentation ?** On voit qu'il y a beaucoup de bonne volonté, beaucoup d'initiatives, de producteurs, d'ONG et d'entreprises privées qui cherchent à faire avancer ces questions vers des solutions pratiques. **Mais dans quelle mesure, en fait, sommes-nous hors des clous sur le plan réglementaire ? Et au moins, nous, en tant que centre, établissement public, quels sont nos droits ?**

Fabrice Martin : En ce qui concerne les matières fertilisantes, je pense qu'il faut, enfin, parce que quand tu m'as proposé de faire l'exposé, j'ai rajouté le volet matière fertilisante, je suis moins à l'aise là-dessus que sur les pesticides, je veux dire. Mais je pense que déjà, il faudrait qualifier vos produits. Regardez par rapport au tableau que j'ai montré, avec les 7 classes et les 14 catégories. C'est important de déterminer dans quelle catégorie vous vous situez et en fonction de cela, d'établir les allégations. Donc, pour vos produits, ils doivent être vérifiés, soit en auto-évaluation au minimum. Si vous ne vous en chargez pas vous-mêmes, je pense que c'est une auto-évaluation.

Par contre, si vous mettez en commercialisation une solution, je pense qu'il faut une évaluation par tiers, un tiers par un organisme agréé. En fait, nous sommes également impliqués dans un autre projet, plus axé sur les microplastiques. Les questions de déontologie liées à l'application des solutions issues de la recherche doivent être présentées en amont. Cela inclut également le risque que l'expérimentateur fait courir à l'écosystème, même dans le cadre de la recherche.

Participant (X) : Oui, mais moi, c'était à peu près la même question, mais au niveau de la production. Est-ce que d'après la réglementation européenne, j'ai le droit de produire ? Mais il faut faire à la ferme pour un usage personnel, enfin personnel, dans le cadre de mon activité économique. C'est ça, c'est ma question.

Fabrice Martin : Eh bien, je pense que si vous n'en faites pas le commerce, cela devrait être possible. Cependant, il existe une réglementation sur les matières fertilisantes. Je vous conseille de consulter le texte officiel pour obtenir une réponse précise. Je préfère ne pas dire de ce qui n'est pas vrai en la matière.

Participant (X) : Oui, Fabrice, mais en réalité, l'utilisation de ces produits est similaire à celle du compost. Je dirais donc que je ne perçois pas vraiment les obstacles à leur utilisation, sauf peut-être si tu envisages de les vendre à une entreprise.

Oui, c'est comparable au compost.

En réalité, je ne vois pas de barrières, oui.

Je veux dire, il existe de nombreux produits commercialisés. Nous savons qu'ils proviennent de souches isolées quelque part et qu'ils sont introduits légalement, conformément aux lois, dans certains écosystèmes, et nous sommes conscients de leur impact. Par exemple, des études d'impact en écologie microbienne sur '*Rhizophagus irregularis*', qui est utilisé mondialement alors qu'en fait, les preuves de son efficacité ne sont pas toujours évidentes. Il y a de nombreux articles qui démontrent qu'une grande partie des produits commerciaux contenant des mycorhizes n'ont pratiquement aucun effet. Deux articles majeurs ont été publiés ces dernières années, analysant une vingtaine de produits commerciaux.

Donc, tu vois, l'auto-évaluation ? L'évaluation qui a été faite de ces produits avant leur commercialisation peut certainement être remise en question, notamment en ce qui concerne l'indépendance des tests effectués. Cependant, il existe des obstacles concernant des aspects comme la nécessité de faire des alliances, entre autres. Alors que, légalement, certaines pratiques sont acceptées, cela me pose sérieusement question.

Fabrice Martin : Alors, après le dossier d'homologation, le dossier de certification, il est basé sur des mesures qui sont faites non pas au feeling, mais dans un langage scientifique. Donc, cela commence dans des microcosmes, puis dans les écosystèmes plus larges, et finalement dans les champs. Effectivement, est-ce qu'il y a du "cherry picking" (sélection biaisée) dans les résultats présentés ? Et quels sont les critères qui permettent la mise sur le marché du produit ? Il faut également prendre en compte les champignons et les inoculants mycorhiziens.

Les difficultés surviennent lors de la préparation, de la conservation et de la distribution de ces produits. Par exemple, un produit frais peut bien fonctionner, mais qu'en est-il d'un produit stocké ? Toutes ces questions sont importantes à considérer. Cependant, je ne suis pas un industriel, donc je ne peux pas répondre de manière définitive. Il est essentiel de garder à l'esprit les aspects réglementaires, notamment en consultant le tableau.

En ce qui concerne le PFC 31 (amendement du sol), voici quelques précisions :

Avec du CMC 2 : il s'agit de végétaux issus de végétaux ou d'extraits de végétaux.

Avec du CMC 3 : il s'agit de compost.

La digestion, ici, concerne la culture végétale et correspond au 1C 4.

Paula : C'est ce qu'on disait ce matin, nous sommes confrontés à plusieurs catégories pour un même produit.

Fabrice Martin : Oui, ensuite, si vous le souhaitez... Alors, **comment procède-t-on pour intégrer un produit dans une catégorie ?** Oui, mais cela pose un problème de commercialisation. Il faut consulter la DGSM et la DGL car, en réalité, si une entreprise souhaite commercialiser ce produit ou rendre son business plan opérationnel, il est nécessaire que le produit corresponde à une catégorie spécifique. Il n'y a pas de catégorie adéquate actuellement, donc il faut discuter avec la DGSM et la DGL pour déterminer la catégorie appropriée. Quoi qu'il en soit, pour les producteurs de compost, il est impératif de réaliser les études requises. Oui, ils sont soumis à des obligations selon leur volume de production.

Participant (X) : Je voulais réagir pour souligner la complexité de l'encadrement de ces méthodes. Elles touchent à différents aspects : il y a le micro-organisme, la substance active, et chaque procédé de fabrication est différent. Même si les procédés sont similaires, les ressources utilisées varient, ce qui entraîne une énorme variabilité. En fait, il y a une grande complexité dans ces produits, et la question est de savoir comment on peut envisager une norme et un encadrement qui ne limiteraient pas les avantages de ces produits. Bien sûr, il faut encadrer les risques, mais il faut aussi faire attention à ne pas créer d'énormes obstacles.

Fabrice Martin : Je parlais avec des collègues spécialisés dans la physico-chimie des aliments, c'est-à-dire les procédés fermentaires. Ils me disaient que, même s'il existe une variabilité des produits issus de fermentation, que ce soit pour la bière, le vin, le pain ou autres, il y a des conditions spécifiques liées à la fermentation et à son optimisation qui réduisent en fait le champ des possibles. Cela s'applique également aux procédés de compostage. On peut imaginer que c'est similaire, dans le sens où la communauté microbienne initiale, les processus de fermentation, ainsi que les conditions physiques, chimiques, biologiques et abiotiques, conduisent à une trajectoire qui tend vers un certain objectif. Je ne suis pas convaincu qu'il y ait une telle variabilité dans la composition microbienne finale. Initialement, il peut y avoir une grande variabilité, mais le procédé physico-chimique impliqué fait que nous suivons une trajectoire qui nous mène vers un résultat prévisible.

Participant (X) : Il y a certes une réduction, mais la variabilité persiste.

Fabrice Martin : C'est important, en effet. Et cela dépend également de ce que nous examinons et de la manière dont nous l'observons. Exactement, c'est délicat. Voilà, cela fait deux jours, en fait une semaine que nous sommes en Suisse pour ce projet Aristo. Nous rencontrons une problématique similaire, à savoir si nous souhaitons intégrer davantage d'indicateurs microbiens pour évaluer les risques et effectuer le criblage de produits phytosanitaires, qu'ils soient d'origine biologique ou chimique, **jusqu'à quel niveau de détail devons-nous aller ?** Car il est vrai que les possibilités sont vastes aujourd'hui. Il reste Rémi

et Pierre à intervenir, mais si c'est pour aborder le même sujet, **ne pourrions-nous pas inclure cela dans la discussion finale ?**

Participant (X) : En ce qui concerne cela, nous avons démontré qu'il est nécessaire de réaliser les essais car il existe une très grande majorité de bactéries lactiques. Un pH, acide. Cependant, nous avons montré que dès l'introduction d'un peu d'oxygène, des entérobactéries apparaissent, parmi lesquelles certaines sont pathogènes, ainsi que des Fusarium dans une technique qui ressemble en fait au compostage. Ainsi, il n'y a pas de double standard en ce qui concerne, par exemple, le compost. **Sommes-nous sûrs que le compost commercialisé ait réellement été filtré par le processus de régulation ?**

En réponse à la question sur le compost, nous ne pouvons pas être catégoriques car nous ne réalisons pas d'analyses sur chaque lot de compost. Il est donc inévitable que parfois certains micro-organismes se développent. Cela fait partie de la nature des choses, dirais-je. C'est la vie. Il y a de la diversité. C'est un sujet extrêmement complexe.

Participant (X) : J'avais une question pour Pierre, davantage orientée sur l'activation de la lifofer. Je disais qu'on pouvait l'activer avec différentes formes de sucre, et je me demandais si vous aviez examiné les composantes physico-chimiques qui interviennent dans ce processus. En fait, vous vous êtes concentrés sur la fermentation lactique qui se produit lors de l'activation liquide de la lifofer. Cependant, concernant la diversité microbienne qui varie en fonction du type de sucre utilisé, je pense que les résultats ne seraient pas identiques. Il serait intéressant d'étudier les différentes formes de sucre utilisées pour activer la lifofer en solution liquide et la diversité microbienne qui en résulte. Par exemple, prendre du sucre et y ajouter des sels contenant des oligo-éléments pour voir si cela a un impact sur le développement des microbes et sur la diversité. **La question est de savoir si c'est la présence d'oligo-éléments ou les différentes formes de sucre qui influencent le plus ?** C'est un point à creuser.

Pierre Christen : Concernant le sujet, il est nécessaire d'avoir des sucres facilement assimilables, tels que des sucres courts, des oligosaccharides ou des monosaccharides, peu importe leur source. À mon avis, l'origine n'a pas beaucoup d'importance, tant qu'il y a présence de glucose. Je pense que la mélasse est particulièrement riche en glucose et en saccharose, ce que nous avons pu observer. Donc, pour moi, ce qui est crucial, c'est ce qui exerce une pression de sélection, à savoir la culture anaérobie. Lorsqu'on procède à une activation, on part d'une culture mère solide qui est très riche en bactéries lactiques, au niveau bactérien, et qui présente déjà un pH acide.

Si on réapplique, en plus, lors de l'activation des conditions anaérobies, on va automatiquement s'orienter vers la fermentation lactique et, dans une moindre mesure, la fermentation alcoolique. Il n'y a aucun doute sur le type de fermentation ; c'est certain qu'on va opter pour une fermentation lactique. Cependant, concernant la diversité qui se développe, le fait de mettre des sucres rapides très facilement accessibles, en utilisant uniquement du sucre et quand je dis sucre, je veux dire par opposition aux mélasses, on a vérifié que cela ne produit pas la même diversité microbienne dans le produit. Après une activation de 15 jours et plusieurs analyses, je te l'avais montré, je trouve cela très surprenant.

Il faudrait donc examiner les conditions d'analyse métagénomique. Nous avons un contrôle complet puisque toutes les manipulations sont réalisées, à l'exception du séquençage. Toutes les manipulations, y compris l'interprétation bio-informatique, sont effectuées au laboratoire.

Participant (X) : Nous sommes confiants et fermes sur ce point. Le sucre que l'on trouve dans le sucre de table est du saccharose. Quant à la mélasse, c'est un résidu de la production de sucre en raffinerie, riche en saccharose. Mais dans la mélasse, il n'y a pas que du saccharose

; on y trouve également des minéraux comme de la potasse et du sodium, qui ne sont pas présents dans le sucre de table.

Je pense qu'il est important d'explorer ces pistes car les personnes qui ne font fermenter que du sucre n'obtiendront pas les mêmes résultats qu'avec de la mélasse. Avec la mélasse, on favorise la lactofermentation et le développement des levures, mais aussi toute la diversité microbienne grâce aux minéraux contenus dans la mélasse.

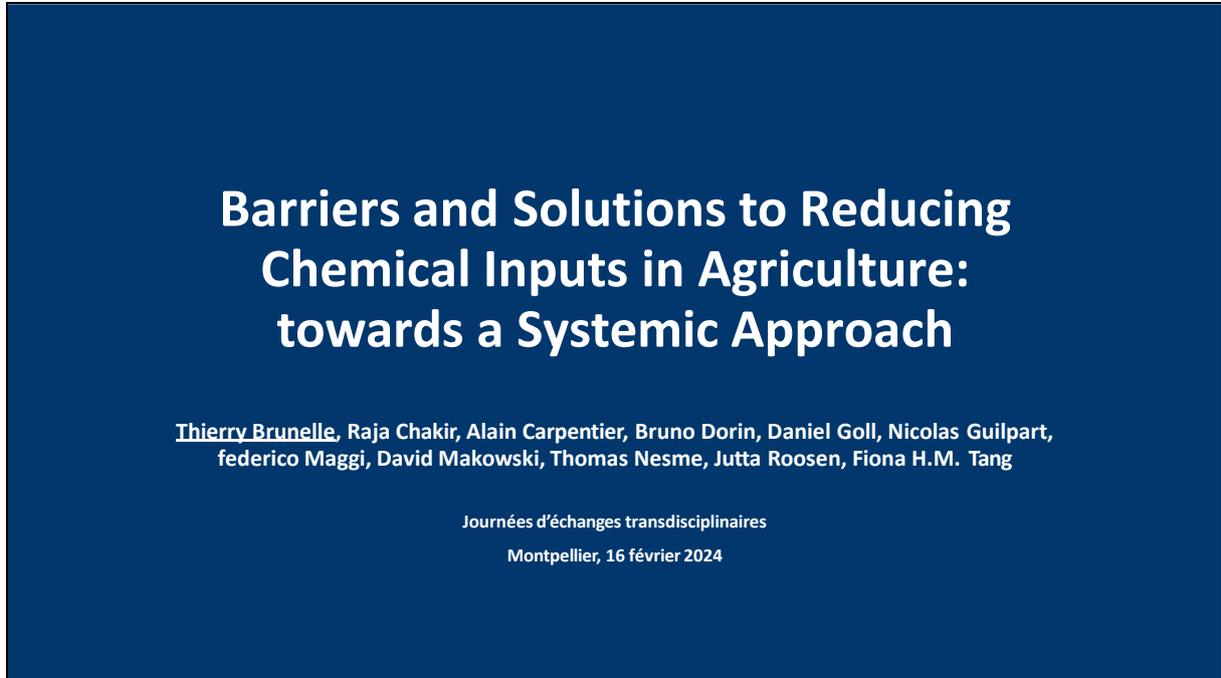
Samira : J'avais une question concernant les pathogènes. **Lorsque nous parlons de pathogènes, faisons-nous exclusivement référence aux souches pathogènes ?** Je me demande également si la question de la résistance aux antibiotiques est abordée, car les gènes de résistance peuvent se transférer entre micro-organismes. Il existe des bactéries non pathogènes qui sont résistantes et qui peuvent transmettre leurs gènes de résistance à des bactéries pathogènes. **Ainsi, le risque lié aux gènes de résistance aux antibiotiques est-il également pris en compte et considéré dans l'évaluation des risques sanitaires associés à ces mélanges microbiens ?**

Fabrice : À ma connaissance, pour l'instant, rien n'a encore été fait. Ah, c'est cela, oui. Alors, plutôt du côté STEP (Station d'Épuration). C'est un autre sujet, c'est une autre matrice. Mais les eaux usées qui peuvent être utilisées maintenant pour l'irrigation... Et puis, en bout de station d'épuration, il y a un risque lié aux bactéries et il faut donc être calme sur les valeurs biologiques. C'est très important parce que les gènes de résistance ont souvent été portés sur des îlots génomiques, souvent plasmidiques, et qu'il y a un principe de co-sélection qui s'applique à ces plasmides. Sur ces plasmides, on ne va pas seulement retrouver des gènes d'antibiorésistance, mais aussi des gènes de résistance à certains métaux, à certains biocides, à certains pesticides. Et il y a un rapport de l'ANSES auquel j'ai contribué qui s'appelle "Antibiorésistance dans l'environnement". Et justement, il y a un paragraphe qui est spécifiquement là-dessus, et on avait évoqué la contribution des MAP (Matières Amendantes et Produits fertilisants) à la dispersion des gènes de l'antibiorésistance, donc les MAP d'origine organique. Donc il y a une vraie question. En tout cas, l'ANSES s'y intéresse. Par contre, dans le domaine des matières fertilisantes d'origine organique, à ma connaissance, l'élément que j'ai apporté aujourd'hui, ce n'est pas encore regardé. Mais je pense que ça pourrait l'être, au moins pour celles qui prennent de la matière organique qui aurait pu recevoir une pression de sélection.

Thierry Brunelle Cirad, R. Chakir Un. Paris-Saclay, A. Carpentier INRAE, B.Dorin Cirad D.Goll, N.Guilpart, D.Makowski, Un. Paris-Saclay et al. :

BARRIERS AND SOLUTIONS TO REDUCING CHEMICAL INPUTS IN AGRICULTURE: TOWARDS A SYSTEMIC APPROACH

Diapositive 1

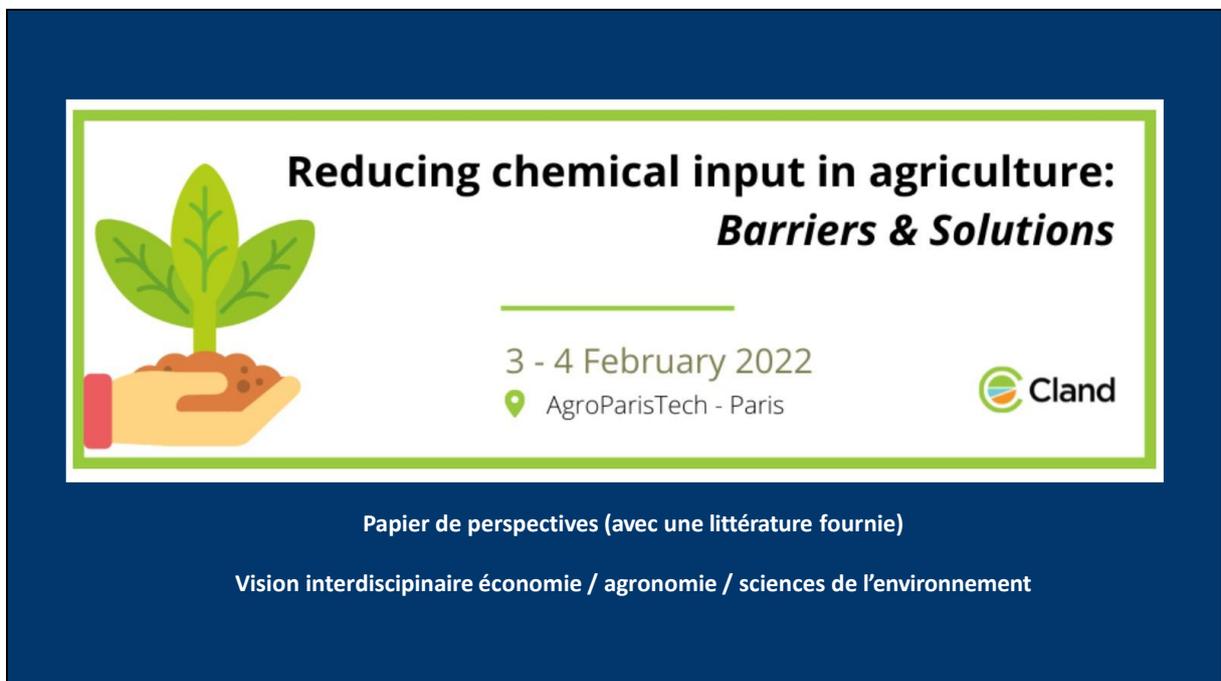


**Barriers and Solutions to Reducing
Chemical Inputs in Agriculture:
towards a Systemic Approach**

Thierry Brunelle, Raja Chakir, Alain Carpentier, Bruno Dorin, Daniel Goll, Nicolas Guilpart,
federico Maggi, David Makowski, Thomas Nesme, Jutta Roosen, Fiona H.M. Tang

Journées d'échanges transdisciplinaires
Montpellier, 16 février 2024

Diapositive 2



**Reducing chemical input in agriculture:
*Barriers & Solutions***



3 - 4 February 2022
AgroParisTech - Paris



Papier de perspectives (avec une littérature fournie)

Vision interdisciplinaire économie / agronomie / sciences de l'environnement

Diapositive 3

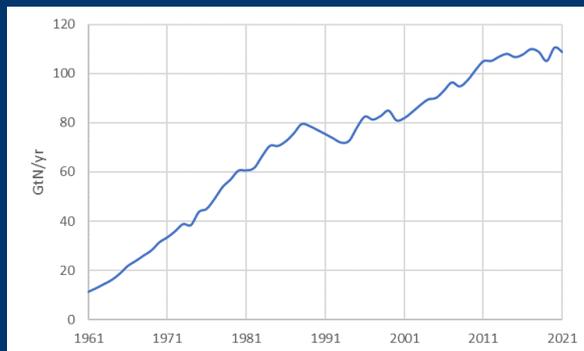
De nombreuses initiatives à travers le monde pour réduire l'usage des intrants chimiques

- **Objectif du Développement Durable : réduire la dépendance aux engrais synthétiques et aux pesticides (ODD n°2)**
- **En Europe : directive sur les pesticides en 2009 et directive nitrates en 2009 et Green Deal (réduction de moitié des pesticides et des pertes d'azote)**
- **Déclaration de Colombo sur la gestion durable de l'azote signée par 30 pays (dont Zimbabwe, Tanzanie, Guinée)**
- **Kunming Montreal global biodiversity framework : « réduction du risque lié aux pesticides par 2 »**
- **Natural Farming en Andhra Pradesh : « No Synthetic Fertilizers, Pesticides, Herbicides »**

Diapositive 4

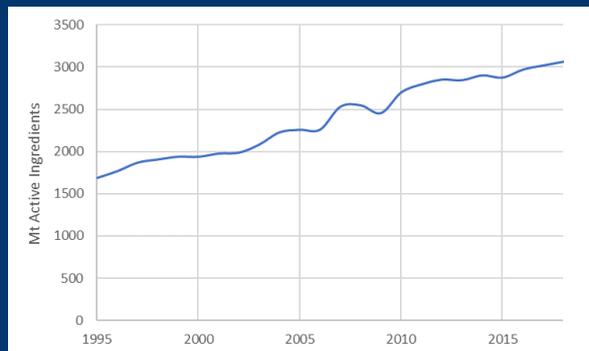
... Avec un succès limité

Usage d'azote dans l'agriculture au niveau mondial



Source : FAOSTAT

Usage de pesticides dans l'agriculture au niveau mondial



Source : GLOPUT

Voir aussi les constats de Möhring et al. (2020), Dorin (2022), Wang (2022)

Objectif

Quelles sont les raisons de l'impact limité des initiatives de réduction de l'utilisation d'intrants chimiques dans l'agriculture ?

- ⇒ Fournir un aperçu non exhaustif des obstacles à la réduction de l'utilisation excessive d'intrants chimiques dans l'agriculture
- ⇒ Suggérer des stratégies potentielles pour surmonter ces défis

Barrières

Un système agroalimentaire mondialisé dominé par la consommation de produits animaux...

- L'alimentation animale ~ $\frac{3}{4}$ de la production mondiale de protéines végétales (Lassaletta et al., 2016)
- L'utilisation de l'azote pour l'alimentation animale ~ 60% des usages d'azote (Lassaletta et al., 2016 ; Uwizeye et al., 2020)
- Mondialisation favorise les systèmes agricoles spécialisés qui nécessitent des niveaux de protection importants (Tilman et al., 2002).
- Des pollutions importantes au-delà de la ferme : nitrogen use efficiency (NUE) du système des cultures = 43% vs NUE du système agroalimentaire = 16% (Sutton et al., 2013)

... Qui crée un avantage économique pour les intrants chimiques

- « **Self-reinforcement and cross-reinforcement mechanisms** »: services associés, packages techniques (Meynard et al., 2018)

Des outils digitaux Bayer

Nous créons des outils digitaux qui accompagnent les agriculteurs dans leurs prises de décision et dans l'optimisation de leurs pratiques. Par exemple, un de nos outils permet aux agriculteurs d'optimiser la quantité d'intrants (semences, engrais) à apporter sur les parcelles tout en maintenant le rendement : il s'agit de **Climate FieldView™**.

Nos outils et applications : Climate FieldView™, MoviDa®
GrapeVision, Phyto Progress, CapSeal...

- Le risque perçu de pertes de récoltes importantes peut contraindre les agriculteurs aux revenus faibles et précaires à recourir à des pratiques à forte intensité de pesticides (Chèze et al., 2020)

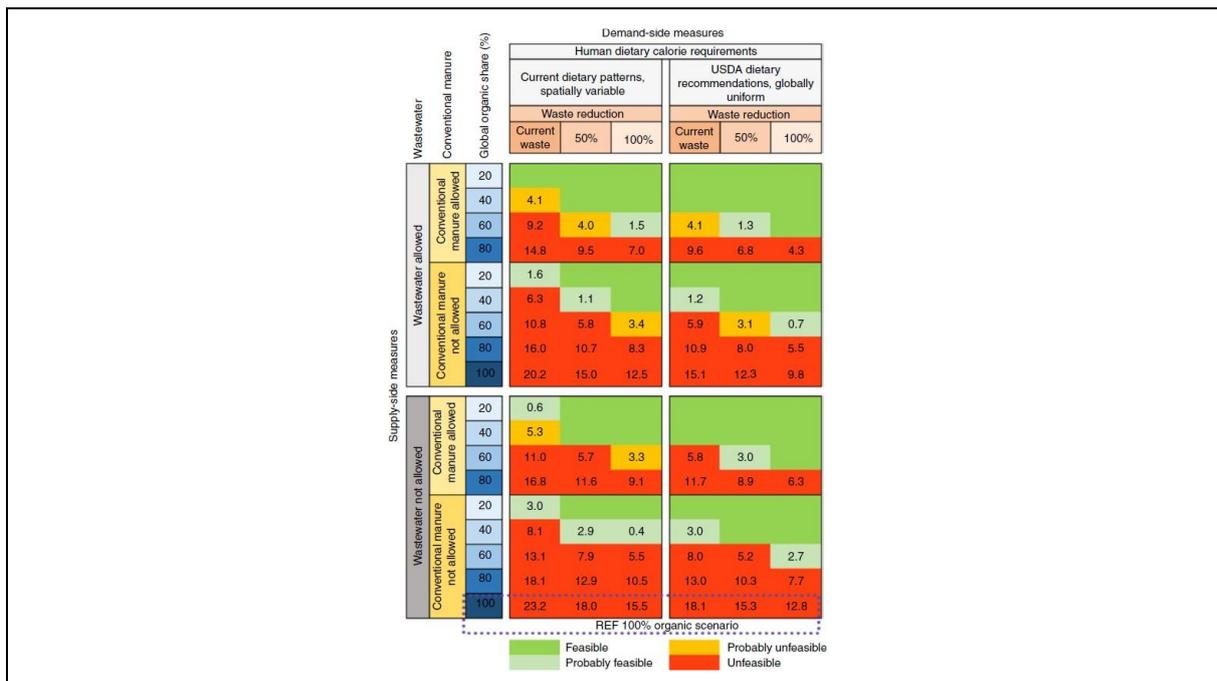
Un contexte réglementaire qui favorise l'usage des intrants chimiques

- **Concernant les intrants azotés, au niveau mondial (Kanter et al., 2020) :**
 - Deux tiers des politiques liées à l'azote dans le secteur agricole encouragent ou organisent son utilisation
 - Seul un quart impose des limites aux usages
- **Les subventions aux assurances encouragent les cultures les plus risquées qui nécessitent plus de pesticides (Chakir and Hardelin, 2014; Möhring et al., 2020a)**

Arbitrages avec la sécurité alimentaire

- **Un écart de rendement de +20 à 25 % en moyenne par rapport aux options sans intrant (Schrama et al., 2018 ; Seufert et al., 2012)**
- **Les bioproduits offrent des possibilités intéressantes pour la lutte biologique contre les parasites dans les milieux tempérés (Muneret et al., 2018)**
- **La situation est plus complexe dans le cas de l'azote (Barbieri et al., 2021)**

Diapositive 11



Diapositive 12

Diapositive 13

Des solutions à la ferme et au-delà

- **En amont de la ferme :**
 - L'industrie des intrants chimiques est caractérisée par une forte concentration = point d'entrée pour la réglementation (Kanter et Searchinger, 2018)
 - Exemple du protocole de Montréal sur l'ozone = la réglementation a créé un opportunité économique pour les entreprises (Dupont)
- **En aval :**
 - une préférence des consommateurs pour une utilisation réduite de produits chimiques (Bazoche et al., 2013 ; Grebitus et al., 2018 ; Roosen et al., 1998)

Quels instruments de politique publique ?

Command & Control (C&C)

Exemple : normes, interdictions

Market based regulation (MBR)

Exemple : taxes, subventions

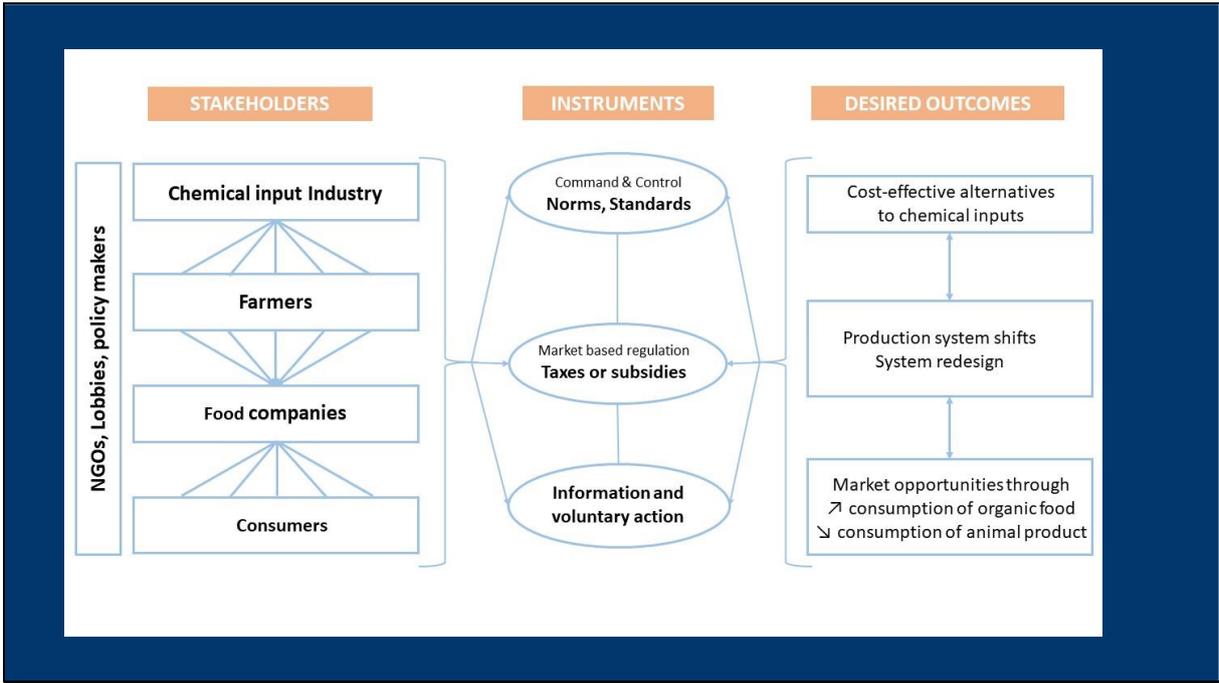
Information and voluntary action (IVA)

Exemple : Labels

La combinaison d'outils de politique publique est un facteur clé de réussite

- **Réaction en rapide en cas de dépassement de points bascules**
 - Exemple : Convention de Stockholm sur l'interdiction des polluants organiques persistants
- **Réduction du coût des politiques**
 - Exemple : Danemark : 40% de réduction des pertes d'azote (Dalgaard et al., 2014).
- **Favoriser l'adoption**
 - Exemple : l'initiative «Pesticide-free » en Suisse avec une combinaison d'IVA et de subventions (Möhring and Finger, 2022)

Diapositive 16



1^{er} Tour de table : quels sont les verrous qui s'opposent à ces bioproduits ?

Christian Chabrier – Dans le cas des suivis qualité des pépinières, dans le bokashi ou le compost on trouve des bactéries et des bactériophages qui peuvent être très différents selon les substrats. On met le doigt sur des situations que l'on ne connaît pas avec un champ des inattendus aussi large que des inconnues possibles. On manque de connaissances du point de vue des nématodes que ce soit les effets positifs et négatifs qui créent des incertitudes et gaps de connaissances.

Thierry Brunelle – C'est une question d'organisation même du système. Les brevets etc. sont les symptômes d'un système verrouillé sur l'usage des intrants chimiques – Sur les questions d'azote peut-on réussir avec une réduction de l'alimentation animale ?

Marie Giraud – Les paysans ont envie d'innover et de travailler avec les scientifiques mais cela pose la question de la protection du vivant pour les agriculteurs et puis l'articulation avec le problème des variétés qui interpelle la question des semences par rapport à ces pratiques. On trouve rarement des travaux qui couplent avec les semences. A Antibes les prochaines rencontres internationales en octobre lancent un appel à contribution. Dans la Drôme on trouve des agriculteurs qui enrobent leurs semences avec du levain. Un principal verrou c'est d'avoir habitué les paysans à des recettes toutes faites. Or par définition l'agroécologie ça n'est pas des recettes toutes faites. Il faut pouvoir s'approprier et les paysans au sud sont plus capables dans les pays du sud qu'en France pour cette appropriation. Car en France les paysans veulent des résultats clés en main. Différence d'habitude.

Hervé Sanguin – le verrou il dépend du devenir de ce type de pratique. Le principal verrou c'est l'évaluation. Je ne suis pas convaincu par tous les résultats, par exemple ce qui se passe sur le cacao, il n'y a pas assez d'évaluation. Par exemple sur les variétés il est clair que la sélection variétale a pu diminuer les micro-organismes dans les sols.

Mathilde Sester – si on veut rendre reproductible, donc le verrou serait (Madagascar) comment la recherche permet d'aider les agriculteurs à être autonome sur des processus dont les conditions d'obtention des résultats varient selon les contextes et en les défendant des conditions d'appropriation des vivants par le secteur privé.

N. Jas - les verrous dépendent des contextes. Par exemple la question des ressources nécessaires sur lesquelles il peut y avoir des compétitions sur des ressources, par exemple sur le biochar et le charbon c'est le même type de ressource initiale. Par exemple aussi la ressource en travail. Si dans certaines régions il y a des débouchés pour des produits ce n'est pas le cas. Le couple « ressources » et surcoût par rapport aux débouchés.

Rémi Thinar, Symbiotik – Les coûts de production ne sont pas vraiment un verrou car les ressources utilisées sont peu coûteuses. Le principal verrou, il est politique. Aujourd'hui il y a plutôt des freins légaux, pas de formation. Beaucoup de jeunes ne savent pas ce que sait la photosynthèse. Le principal verrou, il est à ce niveau. Au niveau des agriculteurs l'appropriation est très rapide. Du point de vue pathogène il n'y a pas de souci majeur, par exemple dans l'alimentation il y a longtemps qu'on utilise ces techniques.

Laurice – En Equateur le verrou est effectivement la formation, sur le pourquoi on leur propose cette technologie, l'explication : éviter de confondre avec de la magie. Autre verrou le travail. Par exemple sur biochar c'est un verrou majeur (il faut 2 jours pour le fabriquer), donc le verrou efficacité par rapport au travail.

Laurene – Il faut relativiser par rapport au contexte entre nord et sud et à l'intérieur des pays. On ne peut pas avoir une liste de verrous valable pour tous. Il faut réfléchir à la souveraineté des producteurs pour produire plus en investissant même. C'est un levier de l'adoption d'autant que cela crée de nouvelles sources de revenus dans la revente. Chaque agriculteur localisé aura sa propre recette. Le

verrou est avant tout une volonté politique. Déjà si la politique ne met pas de bâtons dans les roues ce sera beaucoup.

X : les verrous techniques sont liés à la réglementation. Quand on voit tous les témoignages en Amérique latine avec plus de flexibilité pour faire des expériences sur le vivant... Ici en Europe la réglementation élaborée par les firmes qui définit une molécule inerte est bloquante sur ces nouveaux produits. Cette réglementation est un verrou pour innover sur des molécules vivantes. Donc des verrous réglementaires et de sensibilisation.

X, Terre & Humanisme : Verrous pour débloquer du temps pour se former et apprendre en soi ce n'est pas évident. Pour l'évaluation sur les bokashi et MAB il y a différentes pratiques – pour certains il y a des synergies – une méthode seule ne marche pas toujours mais associée à une autre ça peut fonctionner.

Michel de Garine – je découvre qu'on peut utiliser les MAB en santé animale et on manque de lien avec tous les travaux en santé animale basés sur les savoirs autochtones, il faudrait reboucler avec le monde vétérinaire pour arriver à des vraies recommandations dans le domaine vétérinaire.

Coupure de micro..

Paula – pour éviter que les paysans ne soient pas de simples reproducteurs de recettes et pouvoir comprendre les conditions de réussite de certaines recettes (elle ne marche pas toutes) cela nécessite de travailler en interaction avec beaucoup de disciplines scientifiques....

2^{ème} tour de table – Quelles sont les conditions pour que la trajectoire de développement des bio-intrants participent à la transition agro-écologique ?

Dorian Felix – le fait d'utiliser des substrats locaux avec des micro-organismes autour de la ferme (et pas produit par le commerce) a du sens pour la capacité de ces micro-organismes à s'adapter au milieu donc l'auto production de ces microorganismes soit au niveau des agriculteurs ou de coopérative est central.

Hervé Sanguin – je suis d'accord mais cela peut exclure certaines zones. Si ce n'est que de la litière forestière cela va exclure certaines zones qui n'ont pas accès à la litière forestière.

Pierre Christen – Difficulté pour les agriculteurs de mettre à disposition des parties de leur champs qui pourraient se traduire par des pertes de revenus sur une portion de l'exploitation, du coup nécessaire pour des structures publiques de mettre à disposition des parcelles pour tester dans les parcelles en pleins champs sur lesquelles les résultats peuvent être contrastés, comme démontré en Côte d'Ivoire.

Rémi Thinard, Symbiotik – bon le projet en Côte d'Ivoire repose sur un protocole trop ambitieux. La recherche terrain demande plus de ressources qu'en laboratoire. On a capitalisé car dans tous les nouveaux projets on fait de 2 modalités sur de tout petits « essais » mais en travaillant de manière holistique avec plusieurs techniques et pas en focalisant que sur la litière.

2^{iem} point, il faut pouvoir travailler avec différentes méthodes d'analyses simples, pratiques et économiques. Il faut que les protocoles d'évaluation puisse être financés par les agriculteurs. Donc avoir des méthodes d'analyses qui sont rendues appropriables par les agriculteurs.

Paula Fernandes – pour éviter les risques d'échec à l'expérimentation il faut une gamme du produit à essayer et pas un seul produit car nous avons montré que toutes les recettes ne se valent pas en termes d'efficacité agronomique.

Laurène : Ce qui est important ce sont les relations que l'on a avec les agriculteurs. Le partage des premiers résultats. Il faut éviter de scinder en 2 mondes, recherche et agriculteurs.

Sur l'expérimentation, il y a des instituts techniques qui font ces liens avec la recherche publique. La situation est que les découvertes vont plus vite que les normes – il faut du financement et du temps.

3^{ème} tour de table – Quelles sont les attentes de recherche des participants auxquelles il faut qu'on se prépare à répondre (incluant les questions entre recherches) Attentes prioritaires pour le futur ?

Dorian Felix – il y a beaucoup de biais dans les résultats que l'on voit donc il faut continuer à caractériser la présence des bactéries, levures, peut-être champignons et voir les traces de micro-organismes qui vont se développer ensuite. Ces micro-organismes sont parfois peu détectables notamment sur les champignons.

Nicolas – En Amérique latine il y a beaucoup d'organisations qui ont des équipes techniques et sont intéressées pour finaliser avec la recherche des résultats. Beaucoup d'acquis, de résultats qui avancent mais peu de capitalisation. Par exemple au Honduras on aurait pu inviter tous les techniciens qui ont expérimenté. Donc besoin d'accompagner la capitalisation technique.

Rémi Thinard – On a de plus en plus de résultats, d'informations sur la partie métagénomique notamment en lien aussi avec des résultats de la recherche. Il serait intéressant aussi de suivre l'évolution métagénomique des sols ou foliaire. On commence à voir que les biofertilisants, les minéraux qu'ils contiennent passent par les feuilles et fruits. Il faudrait savoir exactement sur ce qu'ils contiennent, quelles sont les doses optimales ? Le vide de recherche sur la microbiologie des bokashis. Très peu d'aide sur l'évolution des bokashis dans les sols, comment ça se comporte, quels sont leurs impacts ensuite à moyen terme.

Hervé Sanguin – on peut prendre la linfofer comme un perturbateur et regarder les externalités, les impacts en dehors, sur les autres parcelles, ne pas regarder que ce que l'on veut prouver, pas seulement que sur le cote pathogène mais aussi sur d'autres effets potentiels.

X participant - Le laboratoire de Dijon pourrait être mieux associé, ils ont une plateforme. Le cabinet d'agronomie provençal a aussi des résultats mais contrôle peu la partie métagénomique. Besoin d'interactions.

Murtielle - Comment définir cette santé unique ? A partir d'usage de micro-organismes de la forêt, liens entre microbiote animaux – humain – sols. Cette continuité discontinuité microbienne dans l'interaction entre les composantes permettrait de comprendre ce que peut être la santé des territoires, d'autant si on intègre la qualité des produits.

Jas – au regard de l'enjeu on a beaucoup interpellé la nécessité de coopération disciplinaire, au regard de la diversité des micro-organismes, il y a e aussi l'enjeu de la diversité des systèmes socio-économique et politique, il faut intégrer les dimensions matérielles des ressources économiques de départ, la disponibilité des ressources, de la logistique... ; on a besoin de ce type d'aide pour expliciter cette diversité des contextes socio-économiques d'acceptabilité. Certaines choses marchent très bien sur de petits groupes, la scalabilité c'est-à-dire dès le début réfléchir à quelle échelle une technique peut être adoptée et pas supposer que le changement d'échelle va se faire par diffusion.

CONCLUSION : Les participants conviennent de l'écriture d'une synthèse commune qui fera l'objet d'un projet de publication collectif spécifique.