HAL open science

Les Biostimulants : Qu'en savons-nous ? Quelles alternatives pour l'agriculture Guyanaise ?

Lucienne Desfontaines, Philippe Rotin, Harry Ozier-Lafontaine

To cite this version:

Lucienne Desfontaines, Philippe Rotin, Harry Ozier-Lafontaine. Les Biostimulants : Qu'en savons-nous ? Quelles alternatives pour l'agriculture Guyanaise ?. Innovations Agronomiques, 2018, 64, pp.31-46. 10.15454/1.5408011381089646E12 . hal-02629232

HAL Id: hal-02629232

https://hal.inrae.fr/hal-02629232v1

Submitted on 27 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Innovations Agronomiques 64 (2018), 31-46

Les Biostimulants : Qu'en savons-nous ? Quelles alternatives pour l'agriculture Guyanaise ?

Desfontaines L.[1], Rotin P.[2], Ozier-Lafontaine H.[1]

[1] INRA UR ASTRO AgroSystèmes TROpicaux, F-97170 Petit-Bourg, Guadeloupe

[2] A.P.E.Caraïbes – Siège Social SICAPAG, F-97170 Petit-Bourg, Guadeloupe

Correspondance : Lucienne.Desfontaines@inra.fr ; philipperotin@yahoo.fr

Résumé

L'agriculture doit relever le défi de nourrir une population grandissante avec des aliments sains, tout en assurant la protection et la préservation des ressources environnementales telles que l'eau, les sols et la biodiversité animale et végétale. Pour faire face à ce défi, l'agriculteur doit s'approprier de nouvelles connaissances, méthodes et outils pour produire des aliments en quantité et en qualité, tout en réduisant les apports chimiques de fertilisants et de produits phytosanitaires néfastes pour les ressources naturelles et la santé humaine. Concevoir des systèmes de culture permettant la transition de l'agrochimie à l'agroécologie est la voie à développer pour réussir ce challenge.

Les biostimulants, les biopesticides et les biofertilisants, issus de produits et de processus naturels, constituent une alternative très prometteuse pour les producteurs, qui doivent renouer avec des pratiques et techniques agroécologiques traditionnelles innovantes. Cependant la méconnaissance sur les constituants moléculaires et modes d'actions (principes actifs) de ces produits, engagent scientifiques et agriculteurs dans un partenariat renforcé pour répondre, de manière adéquate, à la demande croissante de moyens permettant de lutter efficacement contre les stress biotiques et/ou abiotiques rencontrés sur les exploitations agricoles. Notre objectif est de décrire brièvement l'état des connaissances sur les biostimulants et biofertilisants, en présentant leurs enjeux pour l'agriculture guyanaise, définition, intérêt agronomique, mode de préparation et d'application, les risques éco-toxicologiques ainsi que le cadre réglementaire où ils se positionnent. Des études de cas concrètes et l'évaluation de leurs propriétés offrent aux utilisateurs potentiels des bases et repères pour leur fabrication et leur utilisation en production végétale. L'analyse de leur pertinence agronomique et de leurs conditions d'appropriations par les agriculteurs en Guyane dans des systèmes agro-écologiques, de même que leur potentiel de développement, seront abordés dans la conclusion et les perspectives.

Mots-clés : Biopesticides, Biofertilisants, Production agricole, Ressources naturelles, Agroécologie

Abstract: Biostimulants: What do we know? What alternatives for Guyanese agriculture?

Agriculture faces the challenge of producing healthy food to feed an increasingly growing population, while ensuring the protection and preservation of environmental resources such as water, soil and animal and plant biodiversity. To meet this challenge, the farmer must acquire new knowledge, methods and tools to produce food in quantity and quality while reducing the use of chemicals and fertilizers inputs and phytosanitary products that are very detrimental to natural resources and human health. Driving crop systems in an agro-ecological way is the way to develop this challenge.

Biostimulants and biofertilizers, derived from natural products and processes, are a very promising alternative for producers, who may review traditional innovative agro-ecological practices and technicals. However, ignorance of the molecular components and mode of action (active principle) of those products, engage scientists and farmers in a reinforced partnership to respond adequately to the increasing

demand for means to effectively combat biotic and / or abiotic stresses encountered on farms. Our objective in this article is to present an inventory of knowledge on biostimulants and biofertilizers, presenting their challenges for Guyanese agriculture, definition, function, method of preparation and application, ecotoxicological risks and regulatory framework in which they position themselves. Concrete case studies and evaluation of their properties offer potential users, basics and benchmarks for their manufacture and use in crop production. The analysis of their agronomic relevance and their conditions of appropriation by farmers in French Guiana in agro-ecological systems, as well as their potential for development will be addressed in the conclusion and prospects.

Keywords: Biopesticides, Biofertilizers, Agricultural production, Natural resources, Agroecology

Introduction

Le renforcement de la vigueur des plantes via une fertilisation appropriée est le premier rempart contre de nombreuses agressions parasitaires. En Guyane, les sols présentent de lourds handicaps vis-à-vis de la production agricole en lien avec leur pédogenèse. En effet, ces sols développés en zone tropicale humide sont généralement acides, sableux, et présentent une faible teneur en matières organiques et en minéraux, hormis lorsqu'ils sont sous des couverts forestiers. Ces propriétés physico-chimiques contraignantes rendent difficiles leur utilisation dans le cadre d'une agriculture durable, si elles ne s'accompagnent pas d'une bonne gestion des pratiques agricoles, et des apports nutritifs nécessaires pour assurer la production. L'approche conventionnelle qui consiste à utiliser d'importantes quantités de fertilisants chimiques et de pesticides, pour faire face aux stress abiotiques et biotiques rencontrés sur les exploitations, a montré ses limites dans un contexte où les attentes sociétales sur la durabilité des systèmes agricoles sont de plus en plus fortes.

Une approche alternative, relativement innovante, est le recours aux biostimulants, biofertilisants, et biopesticides, qui, intégrés avec les précautions requises dans les systèmes de culture actuels, permettent d'optimiser les processus biologiques du sol et physiologiques des plantes pour renforcer leur immunité et leur qualité gustative, tout en garantissant de bons niveaux de rendements.

Au cours des deux dernières décennies, la communauté scientifique, les entreprises commerciales et les producteurs ont montré un intérêt croissant pour ces produits naturels, dont les avantages sont de plus en plus débattus, comme le montre les congrès et conférences organisés au niveau international sur le sujet tant en Europe (1ère et 2ème Conférence Internationale sur les Biostimulants, France, (2012), Italie, (2015)), en Chine (congrès Régional Annuel sur les Biostimulants, 10/2017), qu'aux USA (3ème Conférence Internationale sur les Biostimulants, Miami, 11/2017). Pour l'agriculture guyanaise, cette approche alternative pourrait s'avérer être un atout majeur pour pallier les faibles potentialités des sols et contribuer au renforcement de la vigueur des plantes vis-à-vis des bioagresseurs et permettre des augmentations de rendements significatives en production végétale.

1. Biostimulants-Biofertilisants

1.1 Terminologie

La terminologie relative aux produits de stimulation est évolutive et diversifiée. On retrouve sous le terme « biostimulant » de nombreux produits qui ont été qualifiés comme : stimulant biogénique, stimulateur métabolique, régulateur positif de la croissance des plantes, éliciteur, préparation allélopathique, conditionneur de plantes, phytostimulant, biofertilisant. On les confond aussi parfois avec les produits de croissance hormonaux des plantes PGRs (Plant Growth Regulators), ou les biorégulateurs. Il existe également un recoupement avec les stimulateurs de défenses des plantes (SDP), utilisés dans le cadre de la phytoprotection et les matières fertilisantes et support de cultures (MFSC). Une cartographie des terminologies a été dressée pour tenter une première mise en perspective par Faessel et al. (2014) (Figure 1).

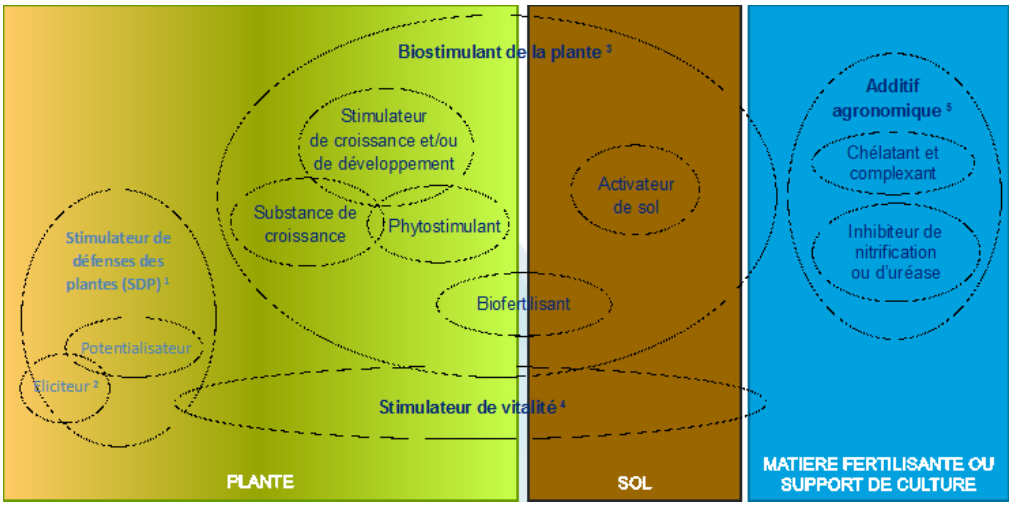

Figure 1 : Cartographie terminologique des biostimulants (Faessel et al., 2014)

La multiplicité de termes, recouvre une multiplicité de modes d'action que les scientifiques tentent de décrire et d'expliciter.

1.2 Définition

Dans la littérature scientifique, le mot biostimulant a été utilisé pour la première fois par Kauffman et al. (2007). Depuis, des réflexions ont été menées pour mieux définir ce nouveau concept polysémique, qui cible la plante, le sol et/ou les matières fertilisantes et les supports de culture pour favoriser la croissance et le développement des plantes. Selon EBIC (2014) : « Les biostimulants contiennent des substances ou des microorganismes qui ont pour fonction de stimuler les processus naturels pour accroître l'absorption et l'efficience des nutriments, la tolérance aux stress abiotiques et la qualité des récoltes lorsqu'ils sont appliqués aux plantes ou à la rhizosphère (racines), indépendamment du contenu en nutriments du biostimulant ».

Afin d'intégrer divers aspects tels que l'origine naturelle des produits sources, la complexité du mélange des constituants dans le produit fini, la non connaissance des principes actifs, et la possibilité d'effets synergiques non connus entre les constituants, Yakhin et al. (2017) proposent la nouvelle définition suivante : « Un Biostimulant est un produit d'origine biologique qui améliore la productivité des plantes consécutive à des propriétés émergentes provoquées par les complexes de constituants, et non comme seule conséquence de la présence de nutriments essentiels, de régulateurs de croissance des plantes ou de composés protecteurs des plantes, connus ».

En ce qui concerne un biofertilisant, il se définit comme étant une solution contenant des micro-organismes, bactéries et /ou champignons, que l'on applique aux plantes pour augmenter la disponibilité des nutriments et leur utilisation par les plantes, indépendamment de leur contenu en nutriments. Un Biofertilisant peut aussi être défini comme un biostimulant microbien améliorant l'efficacité de la nutrition de plantes (Du Jardin et al., 2015).

Les simulateurs de défense des plantes (SDP) se définissent selon le réseau Elicitra[1] comme : « *toute substance ou micro-organisme vivant non pathogène capables d'induire (ou de préparer à l'induction) des réponses de défense chez une plante qui conduisent à une meilleure résistance de la plante face à des stress biotiques* ».

[1] RMT Elicitra : réseau rassemblant scientifiques et expérimentateurs autour de la stimulation de défense des plantes. http://www.elicitra.org/

Le foisonnement terminologique est en grande partie dû à la diversité d'origine et de nature des produits utilisés, ce qui entraine également des difficultés dans leur classification.

1.3 Classification

Les auteurs classent les biostimulants en fonction de divers critères tels que l'origine et la nature des ressources utilisées pour leur fabrication, leur fonction, leur utilisation ou type d'effets observés. On retrouve une classification allant de 9 groupes de matières premières décrits par Ikrina et al. (2004) à 5 groupes décrits par Torre et al. (2016) qui sont pour ce dernier : les substances humiques, les extraits d'algues, les hydrolysats de protéines et acides aminés, les sels inorganiques et les micro-organismes (bactéries et champignons bénéfiques). Selon les travaux de différents auteurs (Yakhin et al., 2017), on retrouve par exemple les substances humiques décrites comme des amendements de sols pour la santé des plantes, tandis que les PGPRs (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) sont classés comme des biofertilisants, phytostimulants et biopesticides. Du Jardin et al. (2015) considèrent les biofertilisants comme une sous-catégorie de biostimulants. Les extraits d'algues et les micro-organismes sont considérés par d'autres auteurs comme des biofertilisants.

En considérant ces définitions, décrites précédemment, la classification des produits « biostimulants », mise en regard de celle des biofertilisants ou biopesticides se fait dans la catégorie des produits de protection des plantes et fertilisants de composition chimique inconnue, mais dont les effets sur la croissance ou la protection des plantes ont été clairement identifiés. Ils sont donc tous les trois, issus de ressources naturelles, à l'opposé des produits issus de la chimie de synthèse, dont les principes actifs et les mécanismes d'action sont connus, tels que les régulateurs de croissance, les pesticides et les fertilisants minéraux. La classification par origine, telle que proposée par les auteurs, ne donne a priori pas d'information sur le mode d'action des produits, mais permet de comparer plus aisément les produits entre eux.

1.4 Composition

La composition des biostimulants et biofertilisants dépend largement des ressources naturelles utilisées (espèces, tissus, conditions de développement) (Yahkin et al., 2017 ; Du Jardin et al., 2015). On y retrouve les métabolites primaires : acides aminés, sucres, nucléotides et lipides ; et les métabolites secondaires formés à partir des différents processus du métabolite primaire. La complexité de la composition se traduit par le fait que l'on a un mélange des différents groupes chimiques tels que i) des hormones de plantes ou des substances agissant comme des hormones ; ii) des acides aminés, bétaïnes, peptides, protéines ; iii) des sucres (carbohydrates oligo-poly-saccharides), amino polysaccharides ; iv) des lipides, vitamines, nucléotides ou nucléosides ; v) des substances humiques (acides humiques et fulviques), éléments bénéfiques, composés phénoliques, stérols, etc.

1.5 Modes et mécanismes d'actions des biostimulants

Ainsi, la composition chimique des biostimulants et biofertilisants est complexe et les principes actifs méconnus. Cependant, les connaissances sur les modes d'actions et mécanismes évoluent rapidement en raison de l'augmentation des travaux scientifiques dans ce domaine au cours de ces dernières années. D'après les études bibliographiques recensées par Yakhin et al. (2017) et Faessel et al. (2014), les principaux modes d'actions des biostimulants se déclinent de la manière suivante : 1 - la stimulation de la germination, de la croissance racinaire, de la mise en place et de la croissance des plantes, de la photosynthèse, de l'absorption des nutriments du sol (Azote, Phosphore…), de la résistance au stress biotique, du métabolisme de N et P du sol, de l'activité microbienne des sols ; 2 - la réduction ou l'amélioration des effets négatifs des facteurs de stress abiotiques (sécheresse, chaleur, froid, salinité,

oxydation, stress mécaniques ou chimiques). Les mécanismes impliqués dans la mise en place d'une résistance induite porteraient sur 5 étapes clés que sont : 1- la reconnaissance des principes actifs sur des récepteurs spécifiques permettant la pénétration des molécules actives dans les cellules et tissus ; 2- la translocation et la transformation dans les plantes ; 3- l'expression de gènes de défense, de signaux et de régulation du statut hormonal permettant une résistance locale induite; 4- l'activation du processus métabolique et enfin, 5- la transmission de signaux et l'intégration de la résistance induite à la plante entière (Figure 7).

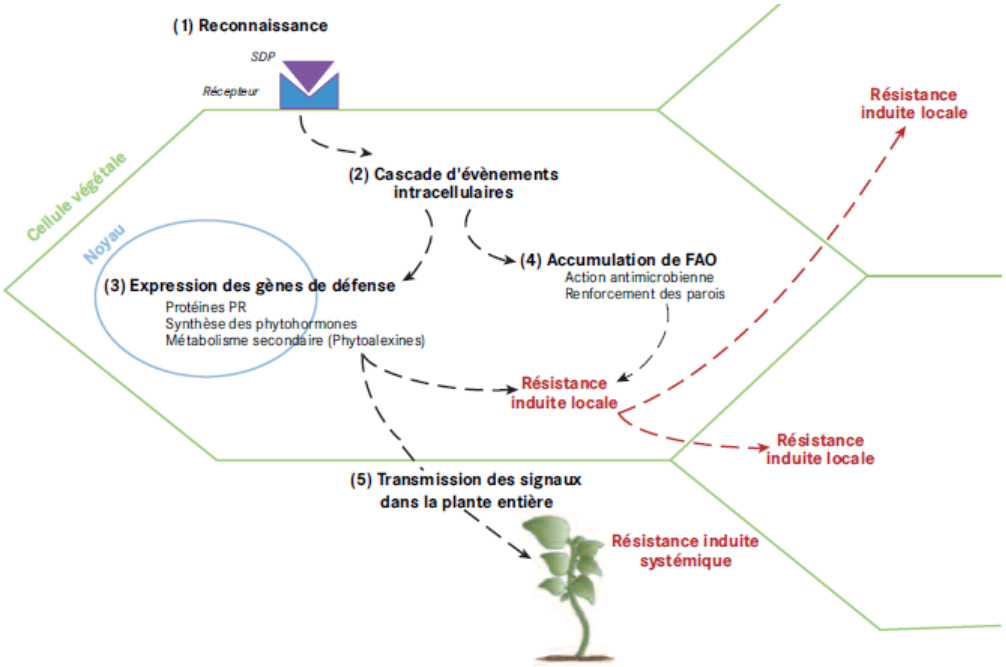

Figure 2 : Schématisation de la mise en place des réponses de défense de la plante suite à la reconnaissance d'un éliciteur (Faessel et al., 2014)

2. Cadre réglementaire

Si l'on accepte le concept qu'un biostimulant est un produit naturel dont le bénéfice pour la production agricole est clair mais dont les principes actifs et les mécanismes d'action sont inconnus, alors, il peut être régulé simplement par son innocuité et la preuve de son efficacité (Yakhin et al., 2017). Le biostimulant ne peut suivre la réglementation appliquée pour les produits de protection des plantes ou les produits de biocontrôle relevant du règlement CE n° 1107/2009, même si la frontière entre biostimulant et produit de biocontrôle n'est pas très claire.

En France, il n'existe pas actuellement de norme générique pour mettre sur le marché les biostimulants, cependant, ils peuvent l'être s'ils sont associés avec des supports de culture (Norme NF U44-551/A4) ou avec des matières fertilisantes (norme F U44-204).

Au niveau européen, afin de changer les mentalités sur le recyclage des déchets, de favoriser une meilleure gestion des ressources, de clarifier et d'homogénéiser la réglementation pour améliorer la protection de la santé humaine et de l'environnement, une nouvelle proposition pour la réglementation des produits fertilisants, incluant les biostimulants, en les intégrant au paquet sur l'économie circulaire, a été adoptée le 17 mars 2016, et devrait être opérationnelle en 2019. Cette nouvelle réglementation concerne une large gamme de produits organisée en une « tool kit ». 7 catégories de produits (PFC - product function category), constitués de composants de différentes natures réparties en 11 catégories (CMC « component material categories ») ont été retenues afin de couvrir tous les champs de la nutrition des plantes : fertilisants, amendements minéraux, améliorateurs de sols, support/milieu/substrat de

culture, additifs agronomiques, biostimulants et substances fertilisantes en mélange. Ainsi, cette liste de PFC comprend les produits issus des déchets animaux ou végétaux (composts, vermicomposts, fumiers, etc…), et les produits biostimulants d'origine microbienne ou non. Dans la « tool kit », les biostimulants sont composés de 3 types de substances (CMC) :

- CMC 1 : substances et mélanges à base de matières vierges
- CMC 2 : partie de végétaux ou extraits de végétaux non traités ou traités mécaniquement (extraction à l'eau uniquement)
- CMC 7 : micro-organismes y compris micro-organismes morts ou des parois cellulaires vides de micro-organismes, ainsi que des résidus non nocifs du milieu dans lequel ils se sont développés, obtenus par déshydratation ou lyophilisation.

Ce nouveau cadre législatif devrait permettre de définir des standards, des procédures d'évaluation de la conformité, d'homogénéiser les exigences de qualité et de sécurité des produits sur le marché et également de réduire les coûts de mise en marché.

Par ailleurs, lorsque les performances environnementales des produits seront à valoriser, ils devront suivre la réglementation REACH si cela est nécessaire, et il sera établi des seuils limites de contaminants pour les éléments tels que le cadmium, les métaux lourds, les résidus plastiques ou autres contaminants organiques.

3. Préparation et application

3.1 Matières premières

Les matières premières utilisées pour la fabrication des biostimulants peuvent être de natures diverses, incluant des graines, des feuilles, des racines et exsudats de plantes supérieures pour leur apports en métabolites secondaires (telles que les plantes de la famille de Moringaceae, Fabaceae, etc.), des micro-organismes issus de bactéries, levures et champignons (Yakhin et al., 2017,). Ces préparations peuvent inclure aussi bien des micro-organismes vivants que morts et leurs métabolites. On retrouve également diverses espèces d'algues (marines comme les sargasses), des hydrolysats de protéines, d'acides aminés d'origine animale incluant les déchets et les sous-produits, les substances humiques, les dérivés chitine ou de chitosane des insectes. Les extraits de déchets alimentaires ou industriels, composts et extraits de composts, vermicomposts, les résidus d'aquaculture, et les effluents de traitements sont encore autant de matières premières utilisées pour la fabrication des biostimulants (Yakhin et al., 2017). Sur les exploitations agricoles, les matières premières disponibles pouvant servir à la fabrication de biostimulants comprennent une ou plusieurs catégories des produits cités ci-dessus, et plus particulièrement des lisiers (porc, poule, vache, cheval, lapin, etc.), rebuts de fruits et légumes, déchets verts et diverses plantes présentes dans la région caraïbe connues pour leur propriétés insecticides, bactéricides, fongicides, etc. (Boulogne et al., 2012)

3.2 Modes de production et contrôle qualité

Les technologies de préparation et d'extraction des biostimulants sont diverses, simples à très élaborées, et spécifiques en fonction de la nature de la matière première. On retrouve des méthodes de culture, d'extraction – de préparation de lixiviat, de fermentation aérobie ou anaérobie, de process de fabrication et de purification, d'hydrolyse ou de traitement des cellules à haute pression (Yakhin et al., 2017). Ces diverses méthodes aboutissent à des produits commerciaux ou non, comme les biostimulants ou biofertilisants produits à la ferme.

3.2.1 Production de biostimulants et biofertilisants à la ferme[2]

Un premier exemple de méthode de fabrication de biostimulant et/ou biofertilisant, relativement simple et mise en œuvre par des agriculteurs de l'association A.P.E.CAraïbe (Association pour une Agriculture Paysanne et Ecologique dans la Caraïbe) est illustré ci-après. Il s'agit de la production de lombricomposts et de jus de lombricomposts à partir des ressources naturelles de l'exploitation agricole.

Les matières premières sont constituées de produits naturels, présents sur l'exploitation d'origine animale (bouse de vache, fumier de cochon, de cheval…) ou végétale (rebuts de fruits et légumes, hampes de bananes), ou provenant du milieu marin (algues sargasses) (Figure 3).

Fumier de cochon

Bouse de vache

Rebuts de fruits et légumes

Figure 3 : Différentes matières premières entrant dans la fabrication de lombricomposts

Des baignoires recyclées servent de lombricomposteurs. Un vers spécifique et autochtone fourni par le réseau APECAraïbe, est sélectionné selon le type de matières organiques utilisé. La conduite du compostage dure deux mois, et se fait à température ambiante, sous un espace ombragé, à l'abri du soleil, avec un arrosage régulier. Le lombricompost (partie solide), et le jus de lombricompost (partie liquide collectée sous la baignoire) sont récoltés régulièrement et utilisés sur les exploitations agricoles (Figure 4).

Lombricompost : partie solide

Jus de Lombricompost

Figure 4 : Lombricompost : partie solide et lixiviats

Un autre exemple de fabrication de biofertilisants mise en œuvre par les agriculteurs du réseau APECAraïbe, repose sur la technologie IMOs pour (Indigenous Micro-Organisms), introduite et développée par le Dr ChouHankyu dans les années 1960. Cette technique et méthode s'appuie sur l'utilisation d'un consortium de micro-organismes efficaces autochtones, et s'avère simple, pratique, fiable et économique pour développer une agriculture naturelle et soutenir une production agricole durable (Cho and Koyama, 1997, Umi et al., 2006, Phua et al., 2011, Kumar et al, 2015).

Les **micro-organismes efficaces** désignent principalement les micro-organismes aérobies et anaérobies mélangés, incluant différents micro-organismes comme des bactéries lactiques (*Lactobacillus casei*), des bactéries photosynthétiques (*Rhodopseudomonas palustris*), des levures

[2] Toute la démarche de préparation et de valorisation est présentée dans le film APECA consultable sur le site du CIAg Guyane. (http://www.inra.fr/Entreprises-Monde-agricole/CIAg/Tous-les-magazines/CIAg-Guyane)

(*Saccharomyces cerevisiae*) et autres. Ce sont des micro-organismes bénéfiques qui existent naturellement dans l'environnement, conjointement aux micro-organismes nocifs, mais qui peuvent se développer dans un environnement adéquat et peuvent contribuer aux pratiques d'agriculture. Cette technologie IMOs proche de la technologie des EM pour Effective micro-organismes, est largement utilisée pour la fabrication de produits commerciaux. Les méthodes décrites dans cet article pour la fabrication de biofertilisants et biostimulants à partir des micro-organismes autochtones sont issues des ateliers pratiques, lors de séances de formations paysans à paysans cubains et guadeloupéens (Tableau 1).

La première phase de fabrication consiste à prélever des micro-organismes de la litière ou du sol dans l'environnement pédoclimatique le plus proche du lieu où ils seront utilisés sur les systèmes de cultures, puis à assurer leur multiplication par fermentation anaérobie afin de favoriser le développement des micro-organismes bénéfiques. On mélange par exemple les ingrédients suivants : 15L-20L de litière de forêt, 7.5 – 10 L de farine (riz, maïs...), 0.5 L de lait de vache entier et 0.5 L de mélasse de canne à sucre. L'ensemble du mélange est humidifié avec de l'eau non chlorée pour former une pâte collante mais sans excès d'eau représentant environ 20 à 30% d'humidité, puis le mélange est compacté dans un fût de 20 L pour chasser le maximum d'air. Le fût est fermé de manière hermétique pour permettre la fermentation anaérobie sur une période de 1 mois. On obtient à l'issue de cette phase de fermentation un mélange concentré en micro-organismes efficaces en phase solide. La qualité du produit obtenu s'évalue d'une part par sa couleur (blanc : Bacillus ; vert : Trichoderma indiquant la présence de micro-organismes bénéfiques, contrairement à une couleur noire ou rose (Fusarium)), et d'autre part par l'absence d'odeur de putréfaction, caractéristique des micro-organismes nocifs qui produisent de l'ammoniaque, des sulfures, etc.

La deuxième phase, appelée phase d'activation, consiste à préparer du biostimulant/biofertilisant en phase liquide à partir des micro-organismes concentrés en phase solide obtenus précédemment. La méthodologie consiste à mélanger dans un fût de 30 L, 1L de micro-organismes en phase solide qui sert d'inoculum, 1 L de mélasse de canne à sucre, et à compléter avec de l'eau non chlorée ou eau de pluie jusqu'à 30 L. Après fermeture du fût, la fermentation se déroule en anaérobie sur 21 jours et on obtient après filtration un biofertilisant. Cette solution sera diluée 2 ou 10 fois avant utilisation en fonction du mode d'application. Quatre à cinq cycles d'activation peuvent être conduits à partir du même inoculum ce qui augmente la capacité de production du biofertilisant.

Diverses variantes peuvent être mise en œuvre pour la fabrication de solutions de biostimulant, biofertilisant et de biopesticide en ajoutant des produits naturels tels que fumiers, composts, feuilles de plantes supérieures : neem (*Azadirichta indica)*, moringa (*Moringa oleifera)*, dartier (*Cassia alata),* abricot pays (*Mammea americana* L.), gliricidia (*Gliricidia sepium),* etc, en fonction de l'utilisation prévue et des effets bénéfiques recherchés tels que des effets fertilisants, fongicides, bactéricides, insecticides, acaricides, nématicides, etc. (Figure 5).

Figure 5 : Différentes applications des micro-organismes autochtones (Kamar et al., 2015)

Ces solutions seront enrichies en micro-organismes bénéfiques, en nutriments et en constituants actifs tels que les métabolites secondaires (Boulogne et al, 2012), dont les synergies d'actions vont augmenter leur efficacité. Un exemple de variante est l'ajout de feuilles de moringa (riches en nutriments et en constituants stimulants) et de neem (pour ses propriétés insecticides et acaricides). Dans ce cas, on mélange pour 80 L de solution 2.5 L de micro-organismes solide, 3 L de mélasse de canne à sucre, 1 kg de feuilles fraiches de moringa (ou 50 g de poudre), 1 kg de feuilles fraîche de neem, que l'on complète avec de l'eau non chlorée. La fermentation se déroule également en anaérobiose sur 21 jours et la solution finale est filtrée avant d'être utilisée après une dilution de 2 à 10.

La durée de conservation des solutions de micro-organismes efficaces ainsi produites est de 3 mois, selon la pratique des paysans du réseau APECAraïbes.

Tableau 1 : Illustration des ingrédients utilisés pour la fabrication de micro-organismes efficaces

Source d'hydrate de Carbone	Source de micro-organismes	Autres
Farine (riz, maïs)	Litière de forêt	Eau de pluie
Mélasse de canne à sucre	Lait de vache entier	Plantes, sous produits et ustensiles nécessaires
Apport de carbone pour la croissance des micro-organismes	Litière de forêt présentant des micro-organismes (champignons, bactéries) et du lait de vache pour ses apports enzymes et en bactéries lactiques	

Les produits obtenus à partir des micro-organismes autochtones (IMOs) peuvent être utilisés en serres, en plein champ et à grandes échelles, sur des cultures maraîchères, vivrières et fruitières. Ils peuvent également être utilisés pour améliorer la qualité physico-chimiques des composts (Hanim et al., 2012). Combinés à de bonnes pratiques de gestion du sol, ces produits influencent positivement le contrôle des maladies, le développement des plantes, les rendements et la qualité des produits récoltés (Lwini et al., 2006, Ravensberg, 2015).

3.2.2 Evaluation de la composition de jus de lombricomposts

Les biostimulants du commerce obtenus souvent par des technologies de pointe bénéficient de moyens analytiques modernes pour le contrôle de la qualité et de la stabilité de leur production. En condition d'exploitation agricole, des auteurs ont montré la difficulté de maintenir ces critères de stabilité puisque de nombreux facteurs peuvent influer sur la composition des biostimulants issus des mêmes produits naturels tels que la saison de production, les espèces utilisées, l'état physiologique des organismes

sources, les conditions environnementales de croissance. Pour évaluer la qualité des produits fabriqués, des analyses physico-chimiques et enzymatiques ont été réalisées sur des produits de la ferme.

Tout d'abord, des analyses physico-chimiques sur des lombricomposts et des jus de lombricomposts issus de hampe de banane et de fumier de bovins ont ainsi été réalisées au laboratoire d'analyse physico-chimique de l'unité de recherches sur les AgroSystèmes Tropicaux (ASTRO) à l'INRA sur le centre Antilles-Guyane. Les résultats des paramètres mesurés sont indiqués dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Composition physico-chimique de lombricomposts et de leurs lixiviats. Les données sont exprimées en ‰ de matière sèche pour les lombricomposts de bananier et de fumiers de bovins et en mg/L pour les jus de Lombricomposts obtenus à partir de ces deux matières premières.

Paramètres	Lombricomposts de hampes de bananier	Lombricomposts de fumier de bovins	Jus de lombricomposts de hampe de bananier	Jus de lombricomposts de fumier de bovins
Matière sèche %	13	25		
pH	10.4	7.1	9.6	7.4
Conductivité (mS/cm)	12.8	1.7	23	3.6
Azote total	24	21	110	200
Carbone total	349	355	4520	190
C/N	14.5	16.9	41.1	1
Phosphore (P_2O_5)	5.9	11.8	177.8	139.1
Potassium (K_2O)	91.1	7.7	12465.2	986.7
Calcium (CaO)	37.2	52.3	99.4	86.2
Magnesium (MgO)	10.8	6.5	71.9	144.3
N + P+ K	121	40.5	12753	1325.7

Le lombricompost de hampe de banane montre des valeurs de pH, conductivité, teneur en potassium et magnésium plus élevées que le lombricompost de bovin. Leurs rapports C/N de 14.5 et de 16.5, respectivement, démontrent leur bonne qualité pour une utilisation comme amendement organique pour les sols, associés à des nutriments intéressants tels que le potassium, le phosphore et le calcium pour la croissance des plantes. Concernant la composition des jus de lombricompots, on peut remarquer la valeur particulièrement élevée de la conductivité du jus issu de hampe de bananier comparativement au lixiviant de lombricompost de bovin (23 contre 3.6 mS/cm), ce qui est également valable pour les teneurs en potassium (plus de 12g/L contre moins 1g/l). Les résultats de ces analyses de base, traduisent la nécessité de contrôler la qualité des produits fabriqués et de connaître leur composition, ne serait-ce que partielle, pour une utilisation appropriée. En effet, le jus de lombricompost de hampe de bananier avec sa charge élevée en minéraux ne peut être utilisé pur, mais nécessite une dilution préalable pour ne pas nuire aux plantes. Ce résultat confirme la pratique de dilution des jus de lombricomposts qui est mise en œuvre par les paysans du réseau caraïbéens.

Par ailleurs, des analyses comparatives d'activités enzymatiques de 3 lombricomposts, ont été réalisées par l'Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement de Paris (IEES) de l'Université Paris-Est de Créteil (Mora et al., 2014). Deux échantillons de lombricompost (R1et R2) obtenus à partir de fumiers de cheval, lombricompostés avec un ver épigé *Esenia foetida*, produits en Guadeloupe et fournis par un agriculteur du réseau APEC, Monsieur Rotin, ont été comparés à un lombricompost commercial (TDL).

Ces analyses ont porté sur la mise en évidence d'activités spécifiques telles que α et β-galactosidase, β-xylosidase ou d'activités totales avec la Fluorocéïne Di-acétate (FDA) (Figure 6). La α-galactosidase est une enzyme qui intervient dans la dégradation de la cellulose, principal composant de la paroi des cellules végétales, donc de la matière organique. La β-glucosidase est une enzyme qui intervient dans la dégradation de l'amidon, principal substrat de réserve des cellules végétales. La β-xylosidase est une enzyme intervenant dans la dégradation du xylane, principale hémicellulose de la paroi des cellules végétales. L'activité avec la FDA permet de rendre compte des activités enzymatiques totales, et traduit l'activité biologique liée à la présence de micro-organismes type champignons ou bactéries.

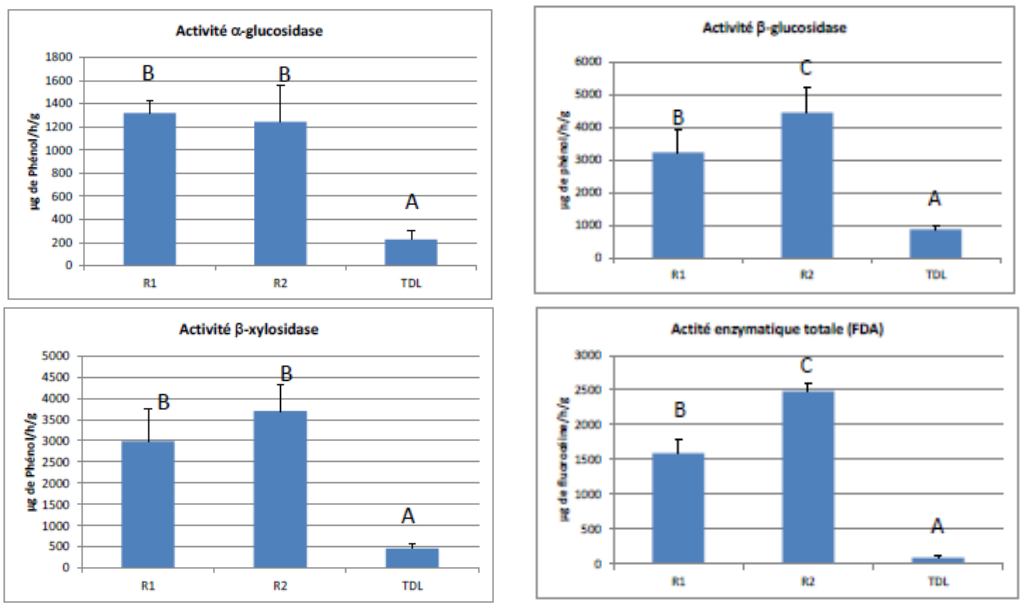

Figure 6 : Comparaison des activités enzymatiques de 3 lombricomposts. i) TDL : lombricompost du commerce ; ii) R1 et R2 : lombricomposts de fumier de cheval obtenus à la ferme.

Les analyses enzymatiques montrent clairement que les lombricomposts R1 et R2 présentent pour toutes les activités testées des valeurs largement supérieures à celles obtenues à partir du lombricompost commercial (TDL). Ainsi pour les activités α-glucosidase et β-glucosidase, les activités mesurées pour R1 et R2 sont près de 5 fois supérieures à celles du lombricompost commercial. Par ailleurs, de nettes différences ont été observées pour les activités β-xylosidase avec des valeurs environ 7 fois supérieures. Enfin la différence la plus importante concerne l'activité totale enzymatique - reflet de l'activité microbienne -, avec des valeurs pour R1 et R2 plus de 20 fois supérieures à celle mesurée dans le lombricompost commercial.

Les quelques différences observées entre R1 et R2 peuvent être dues à un état de maturation légèrement différent entre les deux lombricomposts. R1 serait un lombricompost un peu plus jeune que R2.

Les résultats concernant les hétérosidases (α-glucosidase, β-glucosidase, β-xylosidase) indiquent donc que la minéralisation de la matière organique des lombricomposts R1 et R2 est très importante ce qui est très favorable pour la croissance des plantes. Les mesures par la technique de la FDA confortent ces résultats mais suggèrent également une très forte activité microbienne. Cette forte activité microbienne peut être due à un métabolisme élevé des microorganismes, et/ou à une forte diversité fonctionnelle, et/ou à une forte densité microbienne. La conclusion de cette étude préliminaire est que seules des analyses microbiologiques, dans le cadre d'études scientifiques approfondies, peuvent permettre de préciser les différences mesurées (Mora et al., 2014).

3.3 Modes d'utilisation

Les modes d'utilisation des lombricomposts sont divers et vont de l'application directe au sol, en pots, en serres, et au champ, avant la phase de plantation.

Le jus de lombricompost et les solutions de micro-organismes efficaces peuvent être utilisés en pulvérisation au sol après une dilution de moitié, et en pulvérisation foliaire sur les cultures (poivrons, piments, giraumons, pastèques, ignames…) après une dilution d'un facteur de 10 à 20. Le recours à une cuve de 400 L motorisée peut être envisagé pour la pulvérisation au champ. (Figure 7).

En serre (Crédit J.Sierra)

Au champ (Crédit APECA)

Pulvérisation automatique au champ (Crédit APECA)

Profil racinaire après pulvérisation au sol de micro-organismes efficaces sur culture de bananes.

Pulvérisation de micro-organismes efficaces sur herbes fauchées ou paillagel (Crédit APECA)

Figure 7 : Illustration de types d'applications de lombricomposts, de jus de lombricomposts et de micro-organismes efficaces.

3.4 Effets observés et efficacité

De nombreux effets bénéfiques de l'utilisation des biostimulants et biofertilisants ont été observés et décrits, portant aussi bien sur l'amélioration de la qualité des sols, des plantes, des produits récoltés, que sur l'amélioration des rendements ou de la protection des cultures (Yakhin et al., 2017 ; Faessel et al., 2014). Dans le cadre des essais conduits par APECAraïbes, des effets bénéfiques ont été constatés lorsque ces produits ont été utilisés après pulvérisation au sol ou sur les cultures (Figure 8).

Figure 8: Les effets constatés des biostimulants dans des exploitations de Guadeloupe

On peut citer des effets positifs en tant qu'amendements organiques, des effets sur la réduction des bioagresseurs des cultures (effets insecticide, acaricide, fongicide, bactéricide, nématicide), et des effets directs sur l'activation de la dégradation de la MO du sol lors d'application de biofertilisants ou biostimulants (Tableau 3).

Tableau 3 : Exemples d'utilisation de biostimulants chez des agriculteurs en Guadeloupe

Produits	**Mode d'utilisation**	**Quantité**	**Production agricole (plante/sols)**	**Effets attendus**	**Effets observés**
Lombricomposts	Apport au sol à la plantation	1 à 5 tonnes de matière solide/ha	Tous types	Amendements	Amélioration de la qualité des sols. Rendements et qualité des produits améliorés
Jus de lombricomposts	Aspersion foliaire	Dilution de 10, Pulvérisation 1 fois par semaine le matin ou le soir Dosage environ (400l/ha)	Tomate	Traitement aleurodes et acariens	Insecticides sur aleurodes (mouche blanches), Réduction des attaques par les acariens
Biostimulants à base de micro-organismes efficaces et de neem	Aspersion au sol	Dilution de 2 Pulvérisation au sol le matin ou le soir, Traitement avant la plantation Dosage environ (400l/ha)	Sols dégradés Tous types de sols Tous types de cultures	Réactivation des sols dégradés Maintenir et développer activités biologiques du sol Apports de nutriments	Amélioration de la qualité des sols. Rendements et qualité des produits améliorés

Sur le plan scientifique, afin de valider l'efficacité des produits utilisés sur les différentes cultures et garantir leur utilisation en tant qu'agents de biocontrôle, il est nécessaire de procéder généralement à de nombreuses répétitions, car il a été démontré que les résultats peuvent varier au sein même d'un essai ou entre essais (Faessel et al., 2014). Des effets négatifs sur la croissance des plantes et la nutrition en Fer ont pu être observés également sur certaines cultures en fonction de l'origine animale ou végétale des produits utilisés (Cerdan et al., 2013). En effet, plusieurs phénomènes permettent d'expliquer les différences d'efficacité observés sur les biostimulants ou biofertilisants obtenus tels que le type de culture et les variétés, les conditions environnementales, le stade de développement de la plante, le niveau de pression des bioagresseurs pour les SDP (diminution de l'efficacité en cas de forte pression), les modalités d'application des produits (dose, date, contact foliaire), la formulation et l'étiquetage (date limite d'utilisation, conditions de stockage). Ces résultats controversés amènent à être vigilant sur les conditions à remplir par un biostimulant ou biofertilisant pour qu'il soit efficace pour améliorer la productivité et la qualité des produits, lorsqu'il est utilisé comme alternative à l'agrochimie dans les systèmes agro-écologiques. Le partage d'expérience et de savoir-faire de paysans à paysans prend alors tout son sens, pour éviter l'achat de produits non bénéfiques.

3.5 Intérêts des biostimulants pour l'agroécologie

L'agroécologie est une approche qui vise à (re) concevoir des systèmes de production agricole en tirant le meilleur parti des fonctionnalités offertes par les agroécosystèmes, afin de concilier durablement performances socioéconomiques, environnementales et sanitaires (Schaller, 2013). Elle repose usuellement sur trois principes : accroissement de la biodiversité, renforcement des régulations biologiques et bouclage des cycles biogéochimiques. Il est aisé, compte tenu des effets observés et des modes d'actions décrits précédemment, de dresser les bénéfices qu'apportent les biostimulants et biofertilisants aux principes de l'agroécologie (Tableau 4).

Tableau 4 : Lien entre les 3 principes de l'agroécologie et les principales caractéristiques des biostimulants-biofertilisants (Faessel et al., 2014)

Principes de l'agroécologie	Biostimulants-Biofertilisants
Accroissement de la biodiversité	Modification qualitative des communautés microbiennes, Augmentation de l'activité microbiologique des sols
Renforcement des interactions et régulations biologiques	Renforcement des interactions plantes-micro-organismes Régulation de très nombreux mécanismes de la physiologie végétale (croissance, développement, métabolisme…)
Bouclage des cycles biogéochimiques	Amélioration de l'absorption des éléments nutritifs par la plante Amélioration de la disponibilité des éléments nutritifs dans le sol Stimulation de la dégradation de la matière organique

Au niveau écologique, les travaux ont montré par exemple que les biostimulants améliorent le taux d'ATP, d'activité phosphatase et uréase du sol, augmentent la dégradation des xénobiotiques du sol, stimulent les microbes bénéfiques du sol et aident à réduire les risques agrochimiques incluant la réduction de l'utilisation des fertilisants et pesticides (Yakhin et al., 2017). Par ailleurs, au niveau des risques toxicologiques, les biostimulants sont des produits biodégradables, non-toxiques, non-polluants, et non dangereux vis-à-vis de divers organismes. Ils sont considérés comme sains sur la base de l'origine biologique de leurs constituants et particulièrement aux faibles taux auxquels ils sont généralement appliqués. Ainsi, les biostimulants sont considérés comme des produits respectueux de l'environnement pour une agriculture durable (Yakhin et al., 2017).

Conclusion-Perspectives

La comparaison des connaissances actuelles sur les biostimulants et biofertilisants, avec les premières observations et les premiers résultats obtenus à partir des produits de la ferme, dans le cadre de la démarche innovante engagée par les producteurs agricoles de l'association APECAraïbe, montre l'intérêt du développement de telles méthodes pour la transition de l'agrochimie à l'agroécologie. Les biostimulants et biofertilisants sont une alternative pertinente à explorer et à développer par les agriculteurs guyanais pour faire face aux problèmes d'érosion et de dégradation de la fertilité des sols rencontrés, notamment lors de la transition forêt/agriculture. Pour raisonner les conditions d'appropriations des méthodes de productions et de valorisation des biostimulants/biofertilisants par les agriculteurs guyanais en transition agroécologique, 4 pistes de travail sont à relever par les acteurs de la recherche agronomique en étroite collaboration et partenariat avec la profession agricole :

- Développer les recherches pour faire progresser les connaissances sur l'efficacité des produits et mettre en évidence des références sur la formulation et le mode d'application, pour une utilisation optimisée.

- Combiner la caractérisation des produits fabriqués par des méthodes analytiques modernes et l'expérimentation au niveau agronomique, physiologique… pour accompagner la recherche des principes actifs, de leurs modes et mécanismes d'actions et faciliter la classification des produits bénéfiques.
- Sensibiliser, informer, former et accompagner les acteurs (agriculteurs, conseillers techniques, et futurs étudiants agricoles) sur la production et l'utilisation à la ferme des biostimulants et biofertilisants. Cela passe par un changement radical des pratiques conventionnelles pour développer des systèmes de culture agroécologiques, tant sur des systèmes à haute valeur ajoutée comme le maraîchage en serre, qu'en plein champ.
- Accompagner une démarche d'homologation pour les produits dont les effets bénéfiques ont été démontrés (biofertilisants, biopesticides) en lien avec la DAAF.

Références bibliographiques

Boulogne I., Petit P., Ozier-Lafontaine H., Desfontaines L., Loranger-Merciris G., 2012. Insecticidal and antifungal chemicals produced by plants: a review. Environ Chem Lett. 10:325–347. CEP, 2013, L'agroécologie : des définitions variées, des principes communs, Centre d'Études et de Prospective, Analyse n° 59.

CEP, 2015. Produits de stimulation en agriculture visant à améliorer les fonctionnalités biologiques des sols et des plantes : état des lieux et perspectives. Centre d'Etudes et de Prospective, Analyse n° 79.

China Annual Regional Conference & Exhibition, 16th-18th October 2017, Jinan, Shandong. Total Solution for Fruit Crops & Greenhouse Vegetables, Soil-Remediation, Biostimulants, Specialty Fertizers, Irrigation, Fertigation, Greenhouse. Sensors. https://www.newaginternational.com/index.php/en/conferences/ourconferences/961-china-annual-regional – conference – exhibition -16th-18th - october-2017- jinan-shandong.

Cho H.K., Koyama A., 1997. Korean natural farming: indigenous microorganisms and vital power of crop/livestock. Korean Natural Farming.

Du Jardin P., 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae 196, p. 3-14.

EBIC., 2014. European Biostimulants Industry Council: http://www.biostimulants.eu.

Faessel L., Gomy C., Nassr N., Tostivint C., Hipper C., Dechanteloup A., 2014. Produits de stimulation en agriculture visant à améliorer les fonctionnalités biologiques des sols et des plantes. Étude des connaissances disponibles et recommandations stratégiques, rapport d'étude au ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, Bio by Deloitte et RITTMO Agroenvironnement, 148 p.

Hanim A.N., Muhamad A.N., Ahmed O.H., Susilawati K., Khairulmazmi A., 2012. Physico-chemical properties of indigenous microorganism-composts and humic acid prepared from selected agro-industrial residues. Afr J Biotechnol 11:8456–8463.

Ikrina M.A., Kolbin A.M., 2004. Regulators of Plant Growth and Development, Vol.1, Stimulants. Moscow: Chimia.

Kauffman G.L., Kneivel D.P., Watschke T.L., 2007. Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass. CropSci. 47,261–267. Doi:10.2135/cropsci2006. 03.0171.

Kumar B.L., Gopal D.V.R.S., 2015. Effective role of indigenous microorganisms for sustainable Environment. 3 Biotech 5:867–876.

Lwni M., Ranamukhaarachchi S.L., 2006. Development of Biological Control of *Ralstonia solanacearum* Through Antagonistic Microbial Populations. International Journal of Agriculture & Biology. 8(5), 2006. p. 657–660.

Mora P., Celini L., Giusti-Miller S., 2014. Compte rendu Analyses enzymatiques par l'Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement de Paris (IEES) Département SOLéO équipe «Diversité des ingénieurs et interactions avec les microorganismes –DIIM». Université Paris Est

Créteil (UPEC) UFR des Sciences et technologie 61 avenue du générale de gaulle 94010 Créteil Cedex.

Phua C.K.H., Wahid A.N.A., Rahim A., 2011. Development of multifunctional bio fertilizer formulation from indigenous microorganisms and evaluation of Their N_2-fixing capabilities on chinese cabbage using 15 N tracer technique. Pertanika J Trop Agric sci 35:673–679.

Ravensberg W.J., 2015.Commercialisation of microbes: present situation and future prospects, in Principles of Plant-Microbe Interactions, Eds B. Lugtenberg (Cham ; Heidelberg ; NewYork ; Dordrecht ; London: Springer International Publishing),309–317.

The 3rd Biostimulants World Congress. 27-30 November 2017, Hyatt Regency, Miami, USA. https://www.newaginternational.com/index.php/en/conferences/our-conferences/488-the-3rd-biostimulants-world-congress-miami-usa-november-2017.

The R&D of AgriProducts Congress. 22-23 November 2017. The Hilton, Amsterdam, The Netherlands. https://www.kisacoresearch.com/events/rd-agriproducts

Torre L.A., Battaglia V., Caradonia F., 2016. An overview of the current plant biostimulant legislations in different European Member States. J.Sci.Food Agric. 96,727–734.doi:10.1002/jsfa.7358.

Umi K.M.S., Sariah M., 2006. Utilization of microbes for sustainable agriculture in Malaysia: current status. Bio prospecting and management of microorganisms. National Conference on Agro biodiversity conservation and sustainable utilization, pp 27–29.

Yakhin O.I., Lubyanov A.A., Yakhin I.A., Brown P.H., 2017. Biostimulants in Plant Science: A global Perspective. Frontiers in Plant Science 7, p.1-32.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0).

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL).