

Produits de stimulation en agriculture visant à améliorer les fonctionnalités biologiques des sols et des plantes : état des lieux et perspectives

Au sein du marché des intrants agricoles de fertilisation et de protection des plantes, sont apparus au cours de ces dernières années divers produits et substances qui visent à améliorer le fonctionnement du sol, de la plante ou les interactions sol-plante à travers la stimulation de processus biologiques. Par leurs modes d'action originaux, ces « produits de stimulation » suscitent l'intérêt grandissant des acteurs du monde agricole. Dans le cadre du « projet agro-écologique pour la France » et du plan Écophyto, le ministère de l'Agriculture a commandité une étude visant à fournir un état des lieux des connaissances disponibles sur ces produits. Les résultats de cette étude¹ sont synthétisés dans la présente note.

Une catégorie très large de produits et substances s'est récemment développée au sein du marché des intrants agricoles, visant à améliorer le fonctionnement du sol, de la plante ou les interactions entre sol et plante. Ces produits apportent des solutions souvent innovantes dans le domaine de la fertilisation et de la protection des cultures, ayant pour caractéristique commune un mode d'action passant par la stimulation de processus biologiques au niveau du sol ou de la plante. Face à un facteur externe affectant la production agricole (attaque de bioagresseurs ou problème de disponibilité des éléments nutritifs), ces produits entendent agir sur la capacité des systèmes biologiques à s'adapter (stimulation des défenses naturelles de la plante ou meilleure absorption des nutriments). De par leurs modes d'action originaux, ces « produits de stimulation » sont parfois qualifiés « d'alternatifs »,

dans la mesure où ils se différencient, par leur action indirecte à travers la plante ou le sol, d'autres solutions à action directe (par exemple une action biocide ou un apport d'engrais), considérées comme plus conventionnelles car plus répandues.

Dans un contexte où les attentes sociétales sur la durabilité des systèmes agricoles sont de plus en plus fortes, les produits de stimulation suscitent un intérêt grandissant auprès des acteurs du monde agricole. La stimulation des défenses naturelles des plantes est une option pour aller vers la réduction de l'utilisation de produits phytopharmaceutiques « conventionnels ». Les biostimulants peuvent quant à eux être un moyen pour limiter les apports en engrais minéraux.

Dans le cadre du « projet agro-écologique pour la France » et du plan Écophyto, le ministère de l'Agri-

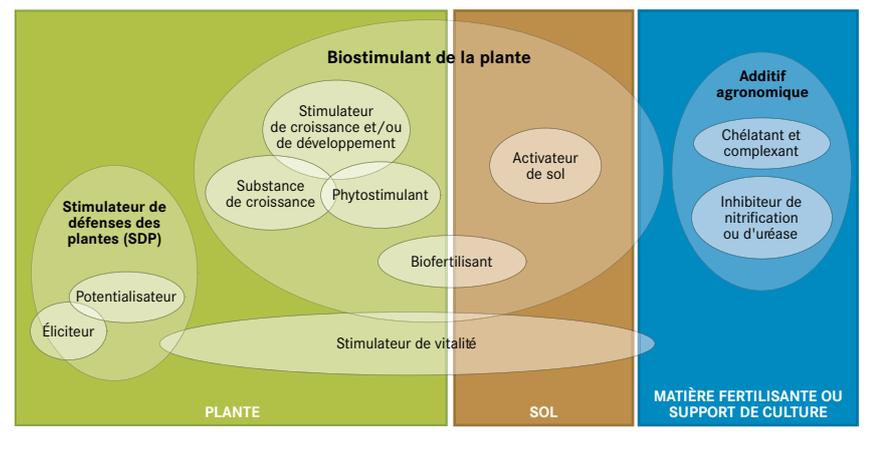
culture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt a souhaité avoir une vision plus précise des connaissances disponibles sur ces produits de stimulation, et a donc commandité une étude sur le sujet. L'étude, réalisée en 2014 par *BIO by Deloitte et RITMTO Agroenvironnement*, s'est centrée sur deux types de produits :

- les « stimulateurs de(s) défense(s) » qui sont communément appelés Stimulateurs de Défense des Plantes (SDP), utilisés dans le cadre de la phytoprotection ;

- les biostimulants, qui regroupent des appellations telles que « biofertilisants », « activateurs de sol »,

1. 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 RITMTO Agroenvironnement, 148 p.

Figure 1 - Cartographie des cibles des principales terminologies identifiées pour les produits de stimulation



Source : BIO by Deloitte & RITMO Agroenvironnement

« stimulateurs de croissance et/ou de développement », « phytestimulants », etc., et qui sont utilisés dans le domaine de la fertilisation.

La méthodologie a reposé sur une revue bibliographique approfondie et 36 entretiens effectués auprès de chercheurs et d'acteurs de la chaîne de valeur (metteurs sur le marché, organisations professionnelles, scientifiques, expérimentateurs, autorités/évaluateurs, utilisateurs et presse spécialisée).

La présente note synthétise les résultats de cette étude. Dans un premier temps elle clarifie la terminologie associée à ces produits et précise les origines et natures des produits de stimulation, puis elle livre les connaissances scientifiques disponibles sur leurs modes d'action, efficacité et risques. Pour finir, la pertinence agronomique et agro-écologique, ainsi que les perspectives de développement de ces produits sont discutées.

1 - Panorama des produits de stimulation en agriculture

La terminologie relative aux produits de stimulation est évolutive et diversifiée, et elle varie de manière

significative en fonction des types de sources : articles scientifiques, textes réglementaires, documents commerciaux, etc. La figure 1 cartographie les principales terminologies associées à ces produits. Elle est organisée en fonction des cibles que vont viser ces produits, à savoir la plante, le sol ainsi que les Matières Fertilisantes et Supports de Culture (MFSC). On voit ainsi, d'une part, qu'il existe différents recouvrements entre les termes employés et, d'autre part, que certaines définitions sont très proches.

De ce foisonnement terminologique, on peut distinguer deux grandes catégories de produits de stimulation en fonction des cibles et des définitions. Dans l'étude, ont ainsi été distingués et définis :

- les SDP, des substances ou micro-organismes qui ciblent la plante afin d'induire les réponses de défense face aux stress biotiques. Sont compris dans les SDP les éliciteurs et les molécules de potentialisation. La définition du réseau Elicitra² a été retenue pour l'étude : « 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 ».

- les biostimulants, qui ciblent la plante, le sol et/ou les MFSC et favorisent la croissance, le développement et la nutrition des végétaux. Sont compris dans les biostimulants une diversité de termes qui ne sont pas tout à fait semblables du point de vue des cibles visées, mais dont le but est bien de stimuler les plantes et/ou d'activer le sol pour améliorer la croissance des plantes à un niveau d'apport de matières fertilisantes donné. Dans l'étude, la définition de biostimulant de l'EBIC³ a été retenue : « un matériel qui contient une (des) substance(s) et/ou micro-organisme(s) dont la fonction, quand ils sont appliqués aux plantes ou à la rhizosphère, est de stimuler les processus naturels pour améliorer/avantager l'absorption des nutriments, l'efficacité des nutriments, la tolérance aux stress abiotiques, et la qualité des cultures, indépendamment du contenu en nutriments du biostimulant ».

Ce foisonnement terminologique, qui peut être gênant pour les travaux scientifiques, est en partie dû à la diversité d'origine et de nature des produits. Ces derniers peuvent en effet être des substances issues du vivant (ex : bactéries, extraits d'algues, virus atténués, extraits de plantes), des substances de synthèse d'origine xénobiotique (ex : analogues fonctionnels de l'acide salicylique) ou non (ex : protéines, lipides) ou des substances organo-minérales (ex : substances humiques). De fait, les produits de stimulation sont définis par ce qu'ils font plus que par ce qu'ils sont. Ce n'est pas l'origine et la nature qui importent, mais bien le mode d'action « stimulation ».

L'étude a mis en évidence la faible proportion de produits de type SDP commercialisés en France, par

2. Réseau Mixte Technologique rassemblant scientifiques et expérimentateurs autour de la stimulation de défense des plantes. Voir : <http://www.elicitra.org/>

3. European Biostimulants Industry Council : <http://www.biostimulants.eu/>

comparaison avec le nombre de substances étudiées en laboratoire. Ce constat peut s'expliquer par les écarts entre efficacité *in vitro* et *in vivo*, et par la complexité de la procédure d'homologation en tant que produit phytopharmaceutique. Du côté des biostimulants, un recensement non exhaustif estime le nombre de produits sur le marché français à plus de 300. Il faut souligner que certaines substances actives peuvent être considérées à la fois comme SDP et biostimulant et que certaines substances SDP ont aussi un mode d'action biocide (produit détruisant les bioagresseurs) ou antagoniste (micro-organisme compétiteur pour l'espace ou les nutriments des pathogènes).

Sept catégories de revendications agronomiques ont été identifiées pour ces produits : résistance aux stress biotiques, résistance aux stress abiotiques (ex : froid, salinité), amélioration de la croissance et du développement, meilleure absorption des nutriments, meilleure qua-

lité des récoltes, gain économique (dont augmentation des rendements) et gain environnemental (faible impact sur l'environnement). Sur la base de ces revendications, une distinction plus aisée entre SDP et biostimulants peut être faite. En effet, en dehors des gains économiques et environnementaux communs à ces deux types de produits, SDP et biostimulants mettent en avant des utilités différentes : résistance aux stress biotiques pour les premiers, résistance aux stress abiotiques et autres revendications pour les seconds.

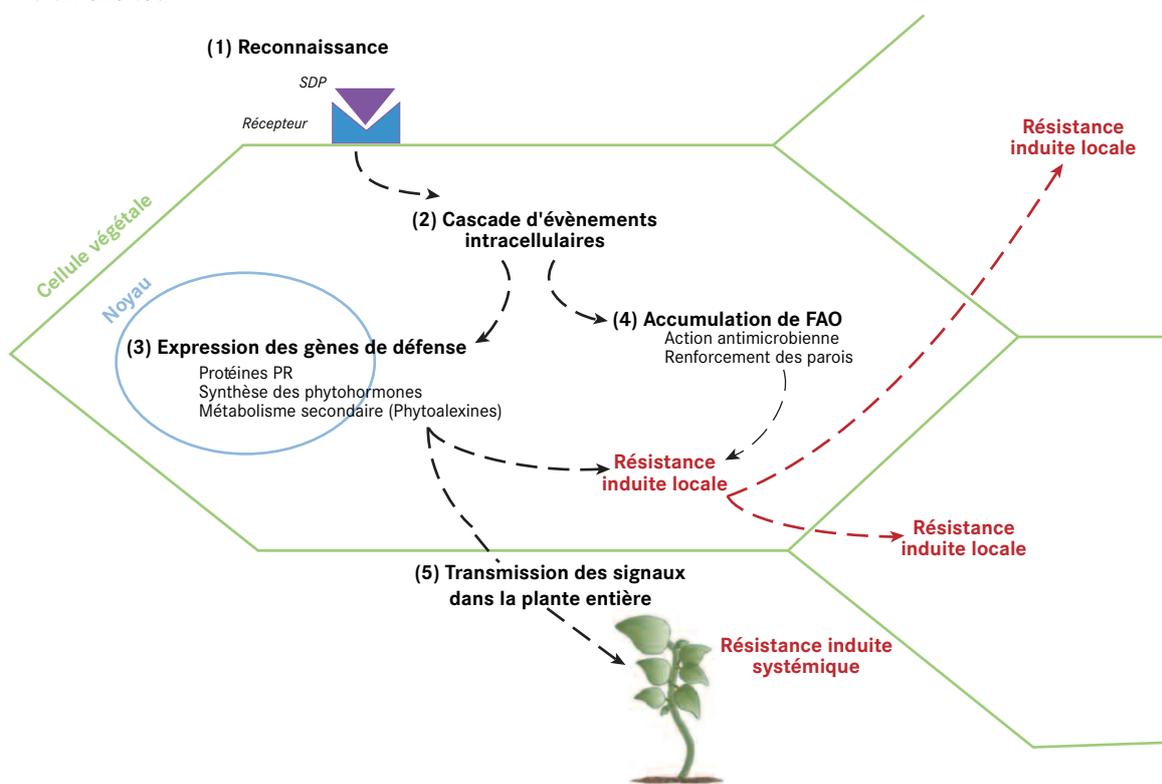
2 - Modes d'action, efficacité et risques associés aux produits de stimulation

Les connaissances scientifiques sur les modes d'action des produits de stimulation évoluent très rapidement. L'étude fournit un aperçu

global et non exhaustif des connaissances actuelles, et souligne que ces dernières portent le plus souvent sur un champ spécifique (une substance donnée, un type de culture ou une variété donnée, des conditions particulières), limitant les possibilités de généralisation des résultats.

Concernant les produits de type SDP, les modes d'action consistent en la mise en place d'une résistance induite, en général par l'activation directe des mécanismes de défense de la plante, produisant une réponse immédiate. Dans certains cas, l'induction peut générer une activation ultérieure plus rapide et plus intense des mécanismes de défense (mécanisme appelé potentialisation). Schématiquement, on peut distinguer les étapes suivantes (cf. figure 2) : le SDP est d'abord reconnu par la plante puis, une cascade d'événements intracellulaires déclenche l'expression des gènes de défense et donc la synthèse de molécules de

Figure 2 - Schématisation de la mise en place des réponses de défense de la plante suite à la reconnaissance d'un éliciteur



Source : BIO by Deloitte & RITMO Agroenvironnement

défense (ex : phytohormones, protéines), ainsi que l'accumulation de formes actives de l'oxygène ; la résistance induite est alors déclenchée dans les cellules adjacentes et/ou dans la plante entière.

Les biostimulants sont souvent des produits complexes, contenant une multitude de substances actives. L'effet observé sur la plante sera donc le résultat d'un ensemble d'actions réalisées par un ensemble de substances actives, qu'il est difficile de décrire individuellement. D'une façon générale, les biostimulants peuvent améliorer la nutrition par une meilleure bio disponibilité des éléments nutritifs et une meilleure absorption de ces derniers par la plante (ex : mycorhize, fixation symbiotique ou non de l'azote, solubilisation du phosphore, etc.), stimuler la croissance par une action sur le système racinaire et/ou végétatif (ex : augmentation de la teneur en chlorophylle), ou sur la germination et les stades précoces de développement (ex : action des phytohormones). Une meilleure mobilisation des produits de la photosynthèse permet un développement plus efficace en quantité et qualité des fruits, et une meilleure utilisation des oligoéléments présents dans les sols permet une qualité nutritionnelle améliorée des fruits et/ou graines. Par ailleurs, les biostimulants peuvent favoriser la résistance aux stress hydriques (ex : réduction de l'ouverture des stomates) ou à la salinité (ex : rétention d'eau dans les cellules).

En raison de la complexité des substances actives et de leurs modes d'action particuliers, l'efficacité des produits de stimulation, que ce soit les biostimulants ou les SDP, est parfois difficile à démontrer, en particulier en plein champ. Les tests d'efficacité nécessitent généralement de nombreuses répétitions, car les résultats sont souvent erratiques, avec des variations au sein d'un même essai ou entre essais.

Plusieurs phénomènes permettent d'expliquer ces différences d'efficacité : le type de culture et les variétés, les conditions environnementales, le coût physiologique⁴ des SDP, 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) et la formulation et l'étiquetage (date limite d'utilisation, conditions de stockage).

La controverse liée à l'efficacité des produits de stimulation vient donc principalement du fait que certaines mises en marché ont une efficacité variable en raison de la forte influence de ces facteurs (environnementaux, physiologiques, etc.), qui sont mal étudiés ou pris en compte lors de l'application. De plus, il existe parfois un décalage entre les revendications commerciales, les fortes attentes des utilisateurs, leur degré d'information et les effets réellement observés.

Pour les produits de type SDP, l'étude appelle à ne pas seulement comparer leur efficacité à celle des produits classiques, afin de ne pas écarter une substance dont l'efficacité serait certes plus faible (ex : résistance même faible contre un bio agresseur ou amélioration d'un processus physiologique de la plante qui ne serait pas stimulé en l'absence du produit), mais qui pourrait s'avérer utile dans la mesure où elle réduirait ou retarderait l'application d'un produit phytopharmaceutique « conventionnel ». Les situations d'impasse technique et de résistance parasitaire doivent aussi être prises en compte dans l'évaluation de ces produits. La notion « d'efficacité globale⁵ », qui prend en compte l'ensemble des effets (y compris économiques) résultant de l'application d'un produit, dans un système agricole, s'avère plus pertinente que « l'efficacité directe » actuellement au cœur des procédures d'homologation.

Toutefois, certains produits de stimulation ont démontré une efficacité, même en plein champ, lors d'essais conduits en conditions réelles d'utilisation. Il convient donc de ne pas généraliser les problèmes d'efficacité de ces substances.

Enfin, l'étude a souligné que les risques liés aux produits de stimulation étaient aujourd'hui moins analysés que leur efficacité. Leurs innocuité, toxicité et écotoxicité gagneraient à être évaluées au cas par cas, en fonction de leur composition. Bien qu'ils soient en général associés à des risques jugés plus faibles que ceux des produits classiques, il existe potentiellement des problématiques spécifiques aux produits de stimulation : effet des résistances induites sur les symbioses, effet allergène des protéines produites par la résistance induite. L'utilisation de micro-organismes en SDP ou biostimulants demanderait également une évaluation spécifique (possibilité de réactions de sensibilisation, toxicité des métabolites microbiens, etc.).

3 - Pertinence agronomique et agro-écologique des produits de stimulation

L'agro-écologie⁶ 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 socio-économiques, environnementales et

4. Les défenses induites sont bénéfiques pour la plante en présence de pathogènes mais elles entraînent un coût pour le développement de la plante en l'absence de pathogènes.

5. European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO), 2012, Évaluation biologique des produits phytosanitaires - Principes de l'efficacité globale acceptable.

6. Schaller N., 2013, L'agroécologie : des définitions variées, des principes communs, Centre d'Études et de Prospective, Analyse n° 59.

Tableau 1 - Liens entre les trois « principes » de l'agro-écologie et les principales caractéristiques des produits de stimulation

Stimulateur de défense des plantes	Biostimulants
Accroissement de la biodiversité	
<ul style="list-style-type: none"> • Pas d'action biocide directe des SDP stricts et par conséquent pas d'effet négatif sur les auxiliaires des cultures EX : Halez <i>et al.</i> (1999) ont ainsi montré que l'utilisation du SDP Milsana® sur vigne contre l'oïdium n'entraîne pas d'effets collatéraux sur l'auxiliaire parasitoïde, <i>Trichogramma cacoeciae</i> • La résistance induite pourrait attirer des insectes auxiliaires EX : la résistance induite et en particulier celle impliquant la voie de l'acide jasmonique induirait la production de composés volatiles qui auraient comme effet d'attirer des parasitoïdes d'insectes herbivores (Thaler, 1999b) 	<ul style="list-style-type: none"> • Modification qualitative des communautés microbiennes du sol (nouveaux équilibres), augmentation de l'activité micro-biologique des sols EX : le produit Bioréveil® composé de fractions de levures stimule l'activité biologique du sol en apportant différents nutriments à la microflore du sol (Avis ANSES Agri-Biotech Bioréveil)
Renforcement des interactions et régulations biologiques	
<p>La résistance induite replace la plante dans le système d'interactions au sein de l'agroécosystème alors que pour les produits « conventionnels », le système est « binaire » (par exemple pathogène-fongicide)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stimulation des mécanismes de défenses de la plante EX : les SDP stimulent les mécanismes de défenses de la plante tels que la production de protéines PR, la synthèse de métabolites secondaires • Compatibilité voire synergie des SDP avec les autres moyens de biocontrôle EX : l'application d'acibenzolar S méthyl sur tomate et l'utilisation de bactériophages ont des effets additifs sur le contrôle de la maladie de tâches bactériennes (<i>Xanthomonas campestris</i>) (Obradovic, <i>et al.</i>, 2004) • Modification ou « déplacement » des cortèges de bioagresseurs (phénomène connu avec les pesticides et toute stratégie de lutte) 	<ul style="list-style-type: none"> • Renforcement des interactions plantes-micro-organismes : <ul style="list-style-type: none"> > Formation de symbioses de type mycorhizes EX : de nombreux produits (Aegys Sym®, Myc®, Glomygel®, Solrize®...) sont constitués de propagules de champignons endomycorhiziens essentiellement <i>Rhizophagus irregularis</i> et <i>Glomus mosseae</i>. > Formation de symbioses de type rhizobiacées-fabacées EX : quelques produits (Biodoz®, Inoculum NPPL®) constitué d'inoculum de rhizobiacées pour deux cultures : la luzerne et le soja > Sécrétion de substances mimétiques d'hormones végétales EX : certaines PGPR comme <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> (Baci-start®) stimulent le développement du système racinaire en produisant des auxinomimétiques (avis ANSES Baci-Start). Les <i>Trichoderma</i> produisent de l'auxine (AIA). • Régulation de très nombreux mécanismes de la physiologie végétale (croissance, développement, métabolisme, etc.) EX : les lignosulfonates (Osiryl®) stimulent le développement du système racinaire en inhibant la dégradation des auxines
Bouclage des cycles biogéochimiques	
<ul style="list-style-type: none"> • Pas de lien identifié 	<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration de l'absorption des éléments nutritifs par la plante EX : certains acides aminés comme l'acide glutamique (Balsamo®) stimulent l'activité de la nitrate réductase (Avis ANSES Phyléas) • Amélioration de la biodisponibilité des éléments nutritifs dans le sol EX : certains micro-organismes comme <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> (Rhizocell®) solubilisent le phosphore non disponible du sol (Avis ANSES Rhizocell) • Stimulation de la dégradation de la matière organique EX : le produit Bioréveil® composé de fractions de levures accélère la minéralisation de la matière organique en stimulant la flore microbienne (Avis ANSES Agri-Biotech Bioréveil)

Source : BIO by Deloitte & RITMO Agroenvironnement

sanitaires. D'une manière générale, de par leurs modes d'action, les produits de stimulation sont compatibles et parfois en synergie avec les pratiques qui vont dans le sens de l'agro-écologie. Le tableau 1 illustre ainsi les liens entre les modes d'action, effets ou revendications des produits de stimulation et les trois « principes » usuellement utilisés pour définir l'agro-écologie : accroissement de la biodiversité, renforcement des régulations biologiques et bouclage des cycles biogéochimiques.

Si des synergies potentielles ou réelles avec les pratiques et principes de l'agro-écologie peuvent être établies, on peut toutefois poser la question du rôle de ces produits dans les transitions vers des systèmes agro-écologiques. De fait, les biostimulants peuvent être utilisés dans la presque totalité des composantes d'un itinéraire technique (semis et germination, gestion du sol et de l'eau, fertilisation, lutte contre les bioagresseurs, récolte et stockage). Les SDP sont quant à eux centrés sur la lutte contre les agents pathogènes et les ravageurs. En revanche, les produits de stimulation ne peuvent pas directement jouer de rôle dans la gestion des adventices.

Les produits de stimulation s'inscrivent ainsi le plus souvent dans des démarches d'innovation en lien, notamment, avec la réduction des intrants conventionnels. Afin d'analyser dans quelle mesure leur utilisation pourrait affecter les pratiques en place au niveau d'une exploitation, on peut s'appuyer sur le modèle « Efficience-Substitution-Reconception⁷ » :

- *efficience*. Les changements au sein d'un système visent à réduire la consommation et le gaspillage de ressources rares et coûteuses. Les changements sont d'ampleur limitée.

- *substitution*. Certains produits ou composantes du système sont remplacés par d'autres pour permettre

un moindre impact environnemental. Les changements sont plus importants et plus complexes à mettre en œuvre que dans une approche « efficience ».

- *reconception*. L'intégralité du fonctionnement du système est repensée, afin de répondre aux nouvelles exigences qui lui sont adressées. Les changements sont beaucoup plus importants et plus longs à mettre en œuvre.

Pour le moment, l'étude montre que les biostimulants participent plutôt à l'amélioration de l'efficience des engrais ou à l'optimisation de l'utilisation de l'eau. Les SDP permettent, eux, une substitution, généralement partielle, aux produits phytopharmaceutiques classiques (utilisation souvent préconisée en combinaison avec un produit conventionnel). Cependant, l'utilisation de ces produits entraîne des changements de représentations mentales, et notamment en protection des cultures, avec le passage d'une logique curative à une logique préventive.

À terme, les produits de stimulation auront toute leur place dans les stratégies de reconception. Pour les insérer de manière optimale dans les systèmes de culture et faire progresser leur efficacité (cf. *supra*), il faudra travailler sur nombre de facteurs agronomiques et bâtir de nouveaux itinéraires techniques en s'écartant si besoin des pratiques « conventionnelles ».

4 - Contextes réglementaires et économiques du développement des produits de stimulation

Bien qu'encore de taille limitée, le marché des produits de stimulation est en plein essor, porteur d'enjeux, entre autres réglementaires et économiques. Du point de vue réglemen-

taire, ces produits relèvent de l'une ou l'autre des catégories suivantes : produit phytopharmaceutique (PPP), ou matière fertilisante et support de culture (MFSC). Les biostimulants (mis en marché uniquement en tant que MFSC) ne devraient jamais être associés à une revendication « résistance aux stress biotiques », tandis que les SDP (mis en marché suivant la réglementation PPP) ne peuvent pas mentionner de revendications de type « stimulation de croissance ». Certaines substances ont toutefois un caractère mixte (nécessitant la double autorisation), et aujourd'hui la grande majorité est mise sur le marché illégalement, car uniquement en tant que MFSC.

Pour les produits SDP, la réglementation européenne est partiellement harmonisée. L'homologation des PPP se fait à travers une double procédure : l'approbation de substances actives au niveau européen ; puis l'autorisation de mise sur le marché de la spécialité commerciale au niveau national. Pour les MFSC en revanche, quatre systèmes coexistent en Europe : système déclaratif, autorisation avec dossier évalué, notification simple et reconnaissance mutuelle. Les niveaux d'exigences diffèrent ainsi en fonction des États membres. La France est un des pays pour lesquels la mise en marché requiert le plus de données (composition, efficacité, innocuité). Un projet d'harmonisation européenne de la réglementation des MFSC est toutefois en préparation, ce qui serait un point essentiel pour permettre le développement des biostimulants sur le marché européen, et éviter les inégalités entre pays de l'Union européenne.

Les SDP ont été initialement développés par de petites entreprises.

7. Hill S. B., MacRae R. J., 1995, "Conceptual framework for the transition from conventional to sustainable agriculture", *Journal of sustainable agriculture*, 7 (1), pp. 81-87.

Aujourd'hui en France, ils sont majoritairement mis en marché par les multinationales de l'agrochimie. Les premiers SDP avaient été homologués pour le blé (ASM et Laminarine). Depuis, l'éventail des produits SDP en grandes cultures n'a quasiment pas évolué. Les dernières homologations de produits SDP concernent les cultures spécialisées : viticulture et arboriculture. Il n'y a pas de données spécifiques sur la taille du marché des SDP, mais des données disponibles pour le marché du biocontrôle, qui recouvre certains produits SDP dans les catégories micro-organismes et substances naturelles, mais aussi d'autres produits ou substances hors SDP. Pour donner un ordre de grandeur, le marché français du biocontrôle est estimé à 100 millions d'euros (environ 5 % du marché des produits phytosanitaires) et le marché européen à 550 millions d'euros⁸.

Les biostimulants en Europe sont quant à eux plutôt commercialisés par des PME. Le marché correspondant est estimé à environ 500 millions d'euros, avec près de 3 millions d'hectares traités (en surface développée). Le marché mondial des intrants utilisés en production végétale est estimé à 150 milliards d'euros, les biostimulants représentant environ 0,6 % de ce marché⁹. Historiquement, ils concernaient surtout les cultures à haute valeur ajoutée : arboriculture, viticulture, maraîchage, horticulture. Plus récemment, le développement des biostimulants destinés aux grandes cultures s'est accéléré, notamment avec des spécialités stimulant la teneur en protéines du blé ou améliorant l'installation de la plantule en début de culture (effet starter).

* *
*

En conclusion, l'étude a mis en évidence un certain nombre d'atouts pour les produits de stimulation : ils ont en général une (éco) toxicité

réduite et leur modèle économique est basé sur l'innovation. D'autres atouts propres aux SDP ont été relevés : les mécanismes de défense induits ne sont pas spécifiques à un agent pathogène donné et permettent de lutter simultanément contre un large spectre de bioagresseurs, dont certaines maladies pour lesquelles peu ou pas de moyens de protection sont disponibles. En activant diverses voies de signalisation en parallèle, les SDP pourraient aussi contribuer à limiter le risque d'apparition de résistances chez les populations pathogènes. Sans action biocide directe, les SDP (stricts) n'engendrent aucun effet délétère sur les auxiliaires des cultures, ce qui les rend potentiellement compatibles avec les programmes de lutte biologique. Les SDP, qui s'utilisent préférentiellement dans des programmes de traitement combinant d'autres produits phytosanitaires, permettent généralement d'espacer et/ou de retarder les traitements classiques. Quant aux biostimulants, ils peuvent agir sur plusieurs aspects bénéfiques pour la culture, et générer des gains économiques (diminution de la quantité d'engrais minéraux, amélioration des rendements ou de la qualité des récoltes) et environnementaux.

Avec l'augmentation future prévisible de la demande en produits agricoles, et face à l'injonction de réduction de la fertilisation minérale et des produits phytosanitaires, les perspectives de développement des produits de stimulation semblent prometteuses. Mais leur potentiel doit néanmoins encore être confirmé. La compréhension des facteurs de variabilité de leur efficacité doit encore être améliorée. De même, des connaissances scientifiques sur l'intégration optimale des produits dans les itinéraires techniques doivent être développées. Les dynamiques écono-

miques et les potentialités agro-écologiques doivent également être confirmées.

Au total, l'étude met en avant trois enjeux clés pour les prochaines années :

- *l'évolution du cadre réglementaire*, qui devra prendre en compte les spécificités des produits de stimulation.

- *la formation* : les agriculteurs ont besoin de plus de sensibilisation et d'informations sur les potentialités réelles des produits de stimulation et de plus de formation et d'accompagnement afin d'optimiser leur utilisation. Les conseillers techniques ont à ce titre un rôle important à jouer dans la diffusion des solutions innovantes. Ils doivent donc être formés en conséquence. Enfin, l'enseignement agricole doit être mobilisé, les étudiants étant de futurs utilisateurs ou de futurs prescripteurs.

- *la recherche et le développement* : il faut poursuivre la recherche pour faire progresser l'efficacité des substances. Au niveau du développement des spécialités commerciales, un travail sur la formulation et le mode d'application est nécessaire. Il faudrait aussi renforcer les liens entre chercheurs et industriels, pour accélérer le passage du laboratoire au champ, et développer parallèlement des dispositifs de remontées d'informations du terrain vers les scientifiques.

Le ministère de l'Agriculture pourrait favoriser le développement du secteur en menant des actions à ces trois niveaux, sur lesquels l'étude fournit des recommandations.

Ludovic Faessel
RITMO Agroenvironnement
Clément Tostivint
BIO by Deloitte
Noémie Schaller
Centre d'études et de prospective

8. IBMA, 2014, Les acteurs du biocontrôle en France.

9. Leymonie J.-P., 2013, Biostimulants: What's behind the name?, IFA Conference, Chicago.

Dernières analyses publiées par le Centre d'études et de prospective du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt

Analyse n° 44, avril 2012, Comment l'organisation des producteurs agricoles peut-elle participer à la sécurité alimentaire en Méditerranée ?

Analyse n° 45, mai 2012, Analyse socio-économique des politiques phytosanitaires : enjeux et applications

Analyse n° 46, mai 2012, Prospective AFCLim. Agriculture, forêt, climat : vers des stratégies d'adaptation

Analyse n° 47, juin 2012, Les mesures agroenvironnementales : complémentarités de l'approche « territoriale » et de l'approche par « système d'exploitation »

Analyse n° 48, juin 2012, Second pilier et soutien aux investissements des industries agroalimentaires : entre rupture et continuité

Analyse n° 49, juin 2012, Plan de modernisation des bâtiments d'élevage et développement durable

Analyse n° 50, juillet 2012, Les enjeux de la production biologique en France

Analyse n° 51, août 2012, La diversification des assolements en France : intérêts, freins et enjeux

Analyse n° 52, octobre 2012, Commercialisation et démarche qualité, indispensables clés de l'augmentation de la production rizicole au Ghana

Analyse n° 53, décembre 2012, Vers une mesure agro-environnementale « systèmes de culture économes en intrants » ?

Analyse n° 54, janvier 2013, Henri Mendras : retour sur La fin des paysans

Analyse n° 55, mars 2013, Perspectives d'évolution de la filière vitivinicole dans la région Languedoc-Roussillon à l'horizon 2025

Analyse n° 56, avril 2013, Toxi-infections alimentaires, évolution des modes de vie et production alimentaire

Analyse n° 57, mai 2013, Les transformations des scolarités des enfants d'agriculteurs

Analyse n° 58, juillet 2013, Statut et droits de l'animal d'élevage en France : évolution, enjeux et perspectives

Analyse n° 59, juillet 2013, L'agroécologie : des définitions variées, des principes communs

Analyse n° 60, juillet 2013, Des systèmes de production visant la double performance économique et environnementale

Analyse n° 61, septembre 2013, L'agriculture de conservation

Rapport Agriculture, Forêt, Climat : vers des stratégies d'adaptation

Analyse n° 62, septembre 2013, Agriculture, forêt, climat : vers des stratégies d'adaptation Résultats clés de la prospective AFCLim

Analyse n° 63, septembre 2013, Transitions vers la double performance : quelques approches sociologiques de la diffusion des pratiques agroécologiques

Analyse n° 64, octobre 2013, Les différences sociales en matière d'alimentation

Analyse n° 65, novembre 2013, Le Partenariat Européen pour l'Innovation (PEI) : la mise en réseaux comme levier de l'innovation en agriculture

Analyse n° 66, janvier 2014, Zoonoses émergentes et réémergentes : enjeux et perspectives

Analyse n° 67, février 2014, Le recours aux satellites en agriculture : évolutions récentes et perspectives

Analyse n° 68, avril 2014, La disponibilité future de la ressource en eau en France : quelle place pour le secteur agricole ?

Analyse n° 69, mai 2014, Consommations et pratiques alimentaires durables : analyse de données nationales issues d'enquêtes d'opinion

Analyse n° 70, mai 2014, Évaluation du volet « mobilisation des bois chablis » du plan de solidarité nationale consécutif à la tempête Klaus

Analyse n° 71, juin 2014, Défis sociaux et environnementaux du capitalisme agraire. Le cas des plantations de palmier en huile en Asie du Sud-Est

Analyse n° 72, juillet 2014, Des « biens publics » au « verdissement » : l'influence des nouveaux acteurs de la réforme de la PAC

Analyse n° 73, octobre 2014, L'agriculture française face au défi climatique : quelles perspectives d'atténuation de ses émissions de gaz à effet de serre ?

Analyse n° 74, octobre 2014, Le nouveau *Farm Bill* américain : un renforcement des assurances agricoles subventionnées et des filets de sécurité anticycliques

Analyse n° 75, novembre 2014, L'agriculture à « Haute Valeur Naturelle » en France métropolitaine - Un indicateur pour le suivi de la biodiversité et l'évaluation de la politique de développement rural

Analyse n° 76, janvier 2015, Des projets agro-environnementaux innovants, intégrés et collectifs : quelques enseignements tirés de l'analyse d'expériences de terrain

Analyse n° 77, mars 2015, Quelle adaptation de l'agriculture à la disponibilité en eau dans la Drôme des collines ?

Analyse n° 78, avril 2015, Inégalités sociales et alimentation. Besoins et attentes des personnes en situation d'insécurité alimentaire

Tous ces numéros sont téléchargeables aux adresses suivantes :

<http://agriculture.gouv.fr/publications-du-cep>

<http://agreste.agriculture.gouv.fr/publications/analyse/>

Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt
Secrétariat Général

Service de la statistique et de la prospective

Centre d'études et de prospective

12 rue Henri Rol-Tanguy

TSA 70007

93555 MONTREUIL SOUS BOIS Cedex

Sites Internet : www.agreste.agriculture.gouv.fr

www.agriculture.gouv.fr

Directrice de la publication : Béatrice Sédillot

Rédacteur en chef : Bruno Héralut

Mel : bruno.herault@agriculture.gouv.fr

Tél. : 01 49 55 85 75

Composition : SSP Beauvais

Dépôt légal : À parution © 2015