

## Projet RD-43.

### Amélioration de la qualité et l'efficacité des engrais foliaires.

---

#### Objectifs

Le but du projet est de développer de nouvelles formulations d'engrais liquides et biostimulants pour favoriser la croissance des plantes, renforcer les mécanismes de défense contre les stress et augmenter les rendements des cultures. En 2017-2018, les objectifs spécifiques sont:

1. Formuler un complexe de biostimulant et comparer son efficacité à celle des biostimulants commerciaux quant à la croissance des plantes.
2. Évaluer l'effet des acides fulviques sur la nutrition minérale et le rendement des pommes de terre.
3. Formuler un agent de compatibilité pour les mélanges d'engrais liquides et de pesticides.

#### Savoir technologique ou base de connaissances

La fertilisation foliaire occupe une place importante dans la nutrition minérale des plantes. Elle permet d'intervenir rapidement pour résoudre les problèmes de carence momentanée lorsque les conditions sont défavorables et que les racines ne peuvent plus absorber suffisamment d'éléments fertilisants. Les engrais foliaires sont principalement absorbés par les feuilles. Dans le souci de réduire les coûts de production, les producteurs exigent des engrais liquides soient appliqués au même moment que les autres produits liquides (fongicide, insecticide ou autres fertilisants) qui lui sont recommandés. Tous les produits entrant dans la bouillie doivent être compatibles. Par exemple, nous avons constaté que notre engrais liquide à base de manganèse était incompatible avec les engrais liquides NPK utilisés par les producteurs. Pour maintenir notre produit sur le marché, il fallait développer un agent de compatibilité.

Les biostimulants ne cessent de gagner de l'importance en agriculture et, dans années futures, leur marché devrait générer des revenus très importantes pour l'industrie. Les biostimulants comprennent les substances naturelles (extrait d'algues, de plantes ou d'animaux), les microorganismes mais aussi les substances synthétiques (acides aminés, polyols, phytohormones) qui peuvent stimuler la croissance de la plante, améliorer les mécanismes de tolérance aux stress ou d'accentuer un critère de qualité d'une récolte. Les effets des biostimulants sont souvent peu significatifs voire absent et manquent de reproductibilité dans l'efficacité finale obtenue entre le laboratoire et le terrain. En effet, le biostimulant est appliqué préventivement et son effet ne sera visible qu'en présence du problème à résoudre. Nous croyons qu'un biostimulant multifonctionnel (combinaison de plusieurs biostimulants de mode d'action différent) serait plus efficace qu'un seul biostimulant. Par leur action sur la physiologie et le métabolisme des plantes, les biostimulants pourraient améliorer l'efficacité des engrais. Notre philosophie serait donc de combiner les engrais avec les biostimulants dans un seul produit. Le manque de constance dans les effets des biostimulants les rendements oblige aussi à évaluer leur efficacité dans différents agrosystèmes pédo-climatiques.

## **Avancement scientifique ou technologique**

Le projet vise à acquérir les connaissances sur l'utilisation des agents structurants et des biostimulants pour améliorer la qualité et l'efficacité des engrais liquides. Le producteur agricole est à la recherche d'un engrais performant, facile à appliquer, capable d'être combiné avec les autres intrants agricoles afin de diminuer ses coûts de production. Les résultats de cette recherche devraient nous permettre de satisfaire à ces exigences et, ainsi, d'accroître les revenus d'entreprise et les possibilités commerciales.

## **Description des activités menées dans l'année visée par la demande**

### **Activité 1: Développer et évaluer un biostimulant sur la croissance des plantes.**

L'objectif de l'activité de développer un biostimulant liquide multifonctionnel qui aurait un effet sur (1) le développement des racines, (2) photosynthèse, (3) assimilation des éléments minéraux et (4) la tolérance aux stress climatiques (manque d'eau, froid, chaleur). Dans un premier temps nous avons procédé à la réalisation des mélanges avec différentes proportions et à observer leur stabilité dans le temps. Des essais de compatibilité avec quelques engrais liquides s sont également réalisés.

Dans un premier temps, nous avons procédé à la réalisation de 2 biostimulant naturels Bioreg-1 et Bireg-2 en combinant la mélasse, les extraits d'algues et les acides aminés d'origines végétale et animale. Les ingrédients ont été obtenus des compagnies ILSA (Italie), GrupInesta (Espagne) et de West Coast Marine Bio-Processing, Corp (Colombie-Britannique, Canada). La stabilité des produits a été évaluée.

Dans un deuxième temps, nous avons réalisé un essai en serre où les 2 biostimulants étaient comparés à d'autres biostimulants. Les traitements à évaluer sont (1) témoin, (2) Bioreg-1, (3) Bioreg-2, (4) HAF-40 (acides aminés), (5) HAF Fulvic (acides fulviques), (6) Fast2Grow (extrait de fumier de poulet), (7) Triacon (extrait de luzerne riche en triacontanol), (8) Ilsamin, (9) Geramin, (9) Triacontanol et 10 Poly-glutamate. L'essai a été réalisé avec le maïs. Les semis ont été réalisés dans des pots en plastique contenant 2 kg d'un mélange de Promix et sable (1/1). Deux semaines après la germination, 10 mL d'une solution 20-20-20 (2 g/L) ont été incorporés au substrat dans chaque pot. Les solutions des traitements ont été préparées en diluant la dose recommandée par le fabricant à raison d'un volume d'eau de 200 L/ha. Au stade de 3 feuilles, 25 mL de la solution ont été appliqués sur le feuillage dans chaque pot, puis répétés 2 semaines plus tard. A 4 semaines après l'application des traitements, les plants ont été récoltés et les biomasses ont été séchées pesées.

### **Activité 2: Évaluer l'efficacité des engrais liquides appliqués par voie foliaires par les biostimulants.**

L'expérience a été réalisée sur pomme de terre variété AR2006-04 à l'île d'Orléans. L'engrais liquide 14-4-6 avec les oligo-éléments a été combiné avec trois doses (0.625, 1.25 et 2.5 L/ha) de HAF Fulvic (acides fulviques). Les traitements ont été disposés en bandes alternes avec 2 répétitions. Quatre place-échantillons de 8 m ont été choisis dans chaque bande. Le mélange a été appliqué au stade pré-bouton à l'aide d'un pulvérisateur agricole à pression à raison d'un volume d'eau de 200 L/ha. Un échantillon de feuilles a été prélevé à chaque place échantillon et analysé pour le contenu en nutriments. Les pommes de terre seront récoltées en septembre et les rendements seront calculés.

### **Activité 3: Améliorer l'efficacité des engrais démarreurs liquides avec les bactéries.**

Le but est de vérifier si l'ajout des bactéries promotrices de la croissance des plantes améliore l'efficacité des engrais appliqués au sol et les rendements des cultures. Les essais sont réalisés avec le maïs-grain à Saint-Alexis et l'Assomption. Le produit testé C-Tech est un mélange de *Bacillus subtilis* ( $3.9 \times 10^6$  cfu/ml) et de *Bacillus amyloliquifaciens* ( $3.9 \times 10^6$  cfu/ml). Les traitements évalués sont 32-0-0 + C-Tech (2.5 L/ha) et le témoin. Les traitements ont été disposés en bande alternes répétés 3 fois. Une bande mesurait 50 pieds de large sur 300 pieds de long. L'engrais liquide enrichie de bactéries a été incorporé dans la zone racinaire au stade 4-feuilles (side-dressing). Six place-échantillons (un rang de 6 mètres de long) ont été choisis de façon aléatoire dans chaque bande pour la prise des mesures de rendement à la récolte.

### **Activité 4: développement d'un agent de stabilisation des mélanges engrais liquides et produits phytosanitaires.**

L'activité visait à développer un agent pour une meilleure compatibilité entre les formulations d'agrochimiques lors de la réalisation des mélanges au moment de leur application au champ. Les tests ont été réalisés avec deux engrais liquides physiquement incompatibles: Agro-Mn (8-0-0 avec 6% Mn, 3.5% S, 0.5% Fe) et ELE-Max ENC (11-8-5 avec oligo-élément). Un agent de compatibilité (AC) consistant en une solution très concentré d'acide citrique a été formulé. Différentes concentrations de l'AC et des engrais ont été testés en trois répétitions. L'effet du pH initial de l'eau a été aussi examiné en ajustant le pH de l'eau avec HCl ou NaOH. L'état physique (changement de couleur et formation de précipité) a été noté à 1 et 6 heures après la réalisation des mélanges.

### **Résultats obtenus et perspectives**

Deux biostimulants stables ont été obtenus. Les deux essais en serre ont mis en évidence l'effet positif de ces 2 formulations avec des augmentations de biomasse aérienne du maïs comprises entre 18.8 et 39.3%. Parmi les biostimulants commerciaux testés, le HAF 40 s'est montré supérieur aux autres. En effet, ce produit comprend 5% d'azote et 40% d'acides aminées d'origine végétale. Son application va stimuler la biosynthèse des protéines et autres processus métaboliques, se traduisant en une meilleure végétation.

Les analyses effectuées à 2 semaines après l'application des traitements indiquent une tendance à l'augmentation des teneurs en azote, phosphore, potassium, calcium, magnésium et manganèse suite à l'utilisation de l'engrais foliaire et du biostimulant. A la plus haute concentration du biostimulant, la concentration en nutriments tendait à diminuer. Ces résultats sont en accord avec ceux de Suh et al. (2014) qui ont observé des effets positifs des applications foliaires d'acide fulvique sur la croissance de la tomate et l'absorption des nutriments. Ces chercheurs ont aussi noté qu'à une concentration de 1.9 g/L, l'acide fulvique entraînait une réduction de la croissance. Dans notre essai, les doses de 1.25 et 2.5 L/ha du biostimulant représentaient respectivement les concentrations de 1.8 et 3.6 g/L, ce qui expliquerait les baisses des teneurs en nutriments à ces taux d'application. Les mesures de rendement seront réalisées à l'automne 2018.

Dans l'activité 3, les données collectées en saison n'ont pas mis en évidence l'effet des bactéries sur la croissance du maïs mesurée par l'apparition des feuilles et la hauteur. Le maïs sera récolté en octobre et les rendements seront mesurés.

Concernant l'agent de stabilisation du mélange d'Agro-Mn et ELE-Max ENC, il a été observé que l'ajout d'une solution d'acide citrique 50% à raison de 0.35 mL/100 mL de la bouillie rende les 2 deux engrais compatible quelque le pH initial de l'eau. Une solution d'acide citrique sera donc formulée et proposées aux producteurs pour tamponner les mélanges d'engrais ou de pesticides. L'acide citrique est un acide faible, ce qui constitue un avantage par rapport aux produits à base d'acides forts comme l'acide sulfurique ou phosphorique.

## Références

- Dominguez-May et al. 2013. A novel effect for glycine on root system growth of Habanero pepper. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 138:433-442.
- Halpern, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T., and Yermiyahu, U. 2015. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. *Adv. Agron.* 130, 141-174.
- Kadotani N., A. Akagi, H. Takatsuji, T. Miwa, and D. Igarashi. 2016. Exogenous proteinogenic amino acids induce systemic resistance in rice. *BMC Plant Biol.* 2016:16: 60.
- Kan C.-C., T.-Y. Chung, H.-Y. Wu, Y.-A. Juo and M.-H. Hsieh. 2017. Exogenous glutamate rapidly induces the expression of genes involved in metabolism and defense responses in rice roots. *BMC Genomics* 18:186
- Li, Z., J. Yu, Y. Peng and B. Huang. 2016. Metabolic pathways regulated by  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) contributing to heat tolerance in creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*). *Sci. Rep.* 6: 1-16.
- Li W, Liu J, Ashraf U, Li G, Li Y, Lu W, Gao L, Han F and Hu J. 2016. Exogenous  $\gamma$ -aminobutyric Acid (GABA) application improved early growth, net photosynthesis, and associated physio-biochemical events in maize. *Front. Plant Sci.* 7:1-13.
- Li, Z., J. Yu, Y. Peng and B. Huang. 2017. Metabolic pathways regulated by abscisic acid, salicylic acid and  $\gamma$ -aminobutyric acid in association with improved drought tolerance in creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*). *Physiologia Plantarum* 159:42-58.
- Suh, H.Y, K.S. Yoo, and S.G Suh. 2014. Effect of foliar application of fulvic acid on plant growth and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Hort. Environ. Biotechnol.* 55:455-461.
- Will, S., Eichert, T., Fernández, V., Müller, T., and Römheld, V. (2012). Boron foliar fertilization of soybean and lychee: effects of side of application and formulation adjuvants. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 175 :180-188.

Tableau 43.1. Effet des biostimulants sur la biomasse aérienne sèche du maïs en serre.

Biostimulant	Concentration (mL/100 mL)	Biomasse sèche, g/pot	
		Essai 1	Essai 2
Témoin		13,31 <i>f</i>	15,25 <i>f</i>
Bioreg-G	2,5	15,81 <i>cde</i>	18,69 <i>abcd</i>
Bioreg-G	5	19,08 <i>a</i>	21,09 <i>a</i>
Bioreg-AA (HAF40)	2,5	16,16 <i>cd</i>	19,61 <i>abc</i>
Bioreg-AA (HAF40)	5	18,05 <i>abc</i>	21,24 <i>a</i>
HAF Fulvic	2,5	16,29 <i>cd</i>	19,57 <i>abc</i>
Fast2Grow	1	14,95 <i>def</i>	16,06 <i>def</i>
Geramin	0,5	16,02 <i>cde</i>	19,61 <i>abc</i>
HAF Alfa 40	0,3	18,70 <i>ab</i>	20,93 <i>ab</i>
Ilamin	2,5	15,16 <i>def</i>	18,40 <i>bcd</i>
Kelppgrow	2,5	15,32 <i>def</i>	18,21 <i>cde</i>
Poly-glutamate	25 mg	13,89 <i>ef</i>	15,60 <i>ef</i>
Triacantanol, 10 ppm	2,5	17,18 <i>abcd</i>	18,81 <i>abc</i>
TRIACON (extrait, 10 ppm)	2,5	16,77 <i>bcd</i>	19,44 <i>abc</i>

Dans une colonne, les chiffres suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents selon le test de Tukey (P<0.05)

Tableau 43.2. Effet de l'application de l'engrais liquide et d'un biostimulant à base d'acide fulvique sur la concentration des éléments nutritifs dans les feuilles de pomme de terre.

Traitement	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu
Témoin	4.92	0.23	3.72 <sub>c</sub>	0.89 <sub>abc</sub>	0.44	0.77	57.1	164	313	67.1
EF	4.76	0.22	4.47 <sub>a</sub>	0.97 <sub>a</sub>	0.46	0.75	51.7	115	322	63.5
EF+ 0.625B	5.15	0.26	4.29 <sub>ab</sub>	0.93 <sub>ab</sub>	0.52	0.67	46.0	116	333	67.4
EF+1.25B	5.12	0.28	4.17 <sub>abc</sub>	0.79 <sub>c</sub>	0.48	0.73	36.3	109	262	50.9
EF+2.5B	4.86	0.25	3.87 <sub>bc</sub>	0.78 <sub>c</sub>	0.42	0.79	44.6	112	291	63.3

Dans une colonne, les chiffres suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents selon le test de LSD (P<0.05)

Régis Baziramakenga 2019-1-10 1:55 PM

Formatted: Left, Line spacing: single

Régis Baziramakenga 2019-1-10 1:52 PM

Formatted: Highlight

Régis Baziramakenga 2019-1-10 1:55 PM

Formatted: Left, Line spacing: single

Régis Baziramakenga 2019-1-10 1:52 PM

Formatted: Highlight

Régis Baziramakenga 2019-1-10 1:52 PM

Formatted: Highlight

Régis Baziramakenga 2019-1-10 1:51 PM

Formatted: Highlight

Régis Baziramakenga 2019-1-10 1:53 PM

Formatted: Highlight

Régis Baziramakenga 2019-1-10 1:53 PM

Formatted: Highlight

Régis Baziramakenga 2019-1-10 1:55 PM

Formatted: Left, Line spacing: single

Régis Baziramakenga 2019-1-10 1:51 PM

Formatted: Highlight

Régis Baziramakenga 2019-1-10 1:55 PM

Formatted: Left, Line spacing: single

Régis Baziramakenga 2019-1-10 1:53 PM

Formatted: Highlight

Régis Baziramakenga 2019-1-10 1:55 PM

Formatted: Left, Line spacing: single

Tableau 43.3. Effet des différentes concentrations de la solution d'acide citrique 50% et des engrais sur l'état physique du mélange dans un volume finale de 100 mL.

Engrais	Quantité de la solution AC, mL						
	0.25	05				1	
ELE-MAX (mL)	2.5	2.5	5	2.5	5	2.5	5
Agro-Mn, mL	2.5	2.5	2.5	5	5	5	5
État physique							
1 heure	Précipité	Clair	Clair	Flou	Précipité	Clair	Flou
6 heures	Précipité	Clair	Clair	Précipité	Précipité	Clair	Flou

Tableau 43.3. Effet des différentes concentrations de la solution d'acide citrique 50% et du pH initial sur l'état physique du mélange Agro-Mn et ELE-MAX.

pH initial	Concentration de la solution AC, mL		
	0.25	0.35	0.5
5.80	Précipité	Solution claire	Solution claire
6.21	Précipité	Solution claire	Solution claire
6.60	Précipité	Solution claire	Solution claire
7.40	Précipité	Solution claire	Solution claire
8.47	Précipité	Solution claire	Solution claire
8.67	Précipité	Précipité	Solution claire
9.15	Précipité	Précipité	

Mélange : 2.5 mL Agro-Mn, 2.5 mL ELE-MAX dans un volume final de 100 mL.