

## **PROJET 43. AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ ET STABILITÉ DES ENGRAIS FOLIAIRE.**

### **OBJECTIFS**

Développer des engrais liquides de qualité en améliorant les formulations et/ou les procédés de fabrication.

Développer des engrais ayant meilleur un meilleur pouvoir de pénétration dans la feuille et de mobilité dans la plante que les produits à base de sels conventionnels.

Améliorer l'efficacité des nutriments et la résistance des plantes aux stress par l'utilisation des biostimulants.

### **AVANCEMENT**

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 (sols froids, compacts, imperméables ou gorgés d'eau, ainsi qu'en périodes de sécheresse ou de fortes chaleurs) et que les racines ne peuvent plus absorber suffisamment d'éléments fertilisants. Les engrais foliaires sont principalement absorbés par les feuilles. Compte-tenu des quantités plus faibles d'éléments apportées, il importe d'avoir des techniques précises d'application pour réduire les pertes engendrées par la dérive et l'évaporation. La formulation détermine la qualité et/ou l'efficacité d'un engrais foliaire. L'engrais liquide doit en effet coller aux feuilles, pénétrer et voyager dans la plante. Les mécanismes de l'absorption foliaire et de mobilité dans la plante sont complexes et varient d'un élément à un autre. On sait que certains éléments (bore, calcium, zinc) sont immobiles dans la plante. La conservation est aussi un critère important de qualité d'un engrais foliaire liquide. En effet, les engrais liquides sont vendus en dehors de la zone de production (autres provinces, pays étrangers) et/ou souvent conservés plus longtemps avant leur utilisation. Les caractéristiques physiques doivent donc rester intactes face aux changements de conditions climatiques (température, lumière). Par exemple, nous avons remarqué une cristallisation progressive irréversible des formulations de zinc ou de complexes d'oligo-éléments. Cette cristallisation importante par conditions de fortes chaleurs peut entraîner des pertes économiques considérables lors des exportations. Il est possible d'accroître la pénétration et le transport des nutriments dans la plante et l'aptitude à la conservation par l'amélioration des procédés de fabrication (choix des formes chimiques des éléments et utilisation des co-formulants).

L'utilisation des biostimulants a fortement augmenté ces dernières années. Il peut s'agir de phytohormones (auxine, cytokinine), des acides aminés, des enzymes, des vitamines et des composés antioxydants et antiparasitaires d'origine naturelle ou synthétique. Leur application combinée avec les nutriments minéraux s'avère plus avantageuse que les applications individuelles. La synergie entre le biostimulant et les éléments nutritifs stimule le développement de la plante et améliore le métabolisme de la plante (photosynthèse, assimilation de l'azote), l'efficacité des engrais et la résistance aux différents stress, au bénéfice de la production (rendement et qualité). Le développement des engrais à action stimulante, tout comme leur emploi sur le terrain, restent cependant anecdotiques souvent par manque de reproductibilité dans l'efficacité finale obtenue entre le laboratoire et le terrain. L'évaluation de leur efficacité dans différents agrosystèmes pédo-climatiques est un préalable pour leur mise à marché.

## **AVANCEMENT SCIENTIFIQUE OU TECHNOLOGIQUE**

Le projet vise à fonder un socle de connaissances fondamentales permettant de concevoir des formulations originales qui, contrairement à la plupart des produits actuels, montreraient une efficacité accrue et constante. La nutrition des plantes exige précision et régularité. Ces deux qualités constituent les bases d'une fertilisation qui répond aux exigences d'efficacité économique de production agricole et de protection de l'environnement. Des engrais de qualité et performant sont nécessaires pour atteindre ces objectifs. Un complexe de biostimulants et une nouvelle génération de compositions fertilisante et biostimulante de qualité et stable à long-terme sont attendus à la fin de ce projet. En atteignant des résultats positifs au niveau de la stabilité des produits et des coûts, ces activités de recherche accroîtront les revenus d'entreprise et les possibilités commerciales.

## **DESCRIPTION DES ACTIVITÉS MENÉES DANS L'ANNÉE VISÉE PAR LA DEMANDE**

### **Activité 1: Formulation d'un engrais à base de bore.**

Des compositions fertilisantes riches en bore ont été formulées en combinant l'eau, l'acide borique, la monoéthanolamine et le sorbitol. Leur stabilité a été évaluée après la fabrication, et à 3 mois et 6 mois après un séjour à 35, 20, 5 et -15 °C.

L'efficacité des compositions stables (composition 2 et 3 du tableau 1) a été étudiée avec le brocoli lors d'un essai en serre. Pour ce faire, 4,5 mL des compositions ont été dilués dans 1 L d'eau, puis appliqués sur une seule feuille d'un plant de brocoli, les autres feuilles ayant été protégées par un plastique. Après deux semaines, la feuille traitée et la feuille adjacente ont

été récoltées, séchées et analyse pour le bore. L'expérience a été répétée deux fois. Une analyse de variance des données a été réalisée sur les données.

### **Activité 2: Améliorer la stabilité de zinc ammonium citrate**

Le zinc ammonium citrate est un fertilisant acide fait à partir du chlorure de zinc, hydroxyde d'ammonium, d'urée et d'acide citrique. Il peut être mélangé avec d'autres engrais acides. À des températures, il cristallise. L'objectif est donc de trouver des ingrédients compatibles sans changer la composition nutritionnelle.

Dans un premier temps, nous avons modifié les proportions des deux sources d'azote dans la formulation. Dans un deuxième temps, nous avons travaillé sur l'agent chélatant en remplaçant l'acide citrique par l'acide acétique liquide. La quantité d'acide est déterminée selon l'hypothèse d'une formation d'un complexe du zinc par l'acide acétique (ratio molaire Zn/acétate de 1:2). Les compositions répétées 3 fois et leur stabilité a été évaluée après la fabrication, et à 3 mois et 6 mois après un séjour à 35, 20, 5 et -15 °C.

### **Activité 3: Formulation d'un complexe d'oligo-éléments riches en soufre et biostimulants**

Dans cet essai, on cherche d'obtenir un fertilisant riche en azote, oligo-éléments et soufre qui pourrait être utilisé pour corriger ou prévenir les carences, à optimiser l'utilisation des autres fertilisants et à améliorer la qualité des récoltes (avec le soufre). On a combiné l'hydroxyde d'ammonium, l'oxyde de zinc, sulfate de manganèse, sulfate de fer, monoéthanolamine de bore, sulfate d'ammonium(ou thiosulfate d'ammonium) dans l'eau. L'acide citrique a été utilisé comme agent chélatant et améliorant d'absorption tandis que l'acide glutamique a été ajouté comme biostimulant de photosynthèse. Les compositions répétées 3 fois et leur stabilité a été évaluée après la fabrication, et à 3 mois et 6 mois après un séjour à 35, 20, 5 et -15 °C.

### **Activité 4: Formulation d'un engrais complet contenant les biostimulants**

L'essai vise à formuler un engrais liquide complet NP avec les oligo-éléments, adjuvants et biostimulants. Différentes compositions de 14-4-6 avec 0,1% Mg, 0.05% Mn, 0.05% Zn, 0.025% B, 0.025% Mo ont été formulées seules ou en combinaison avec l'adjuvant non ionique AG100 et le sbiostimulants (phosphites, acide glutamique, silicates). L'adjuvant non ionique a été obtenue en combinant l'eau (2%), propylène glycol (14.5%), gomme arabique (0.15), Trisurf CO-40 (42.5%), Tridefoam Birst (0.1%) et Tween 20 (40.5%). Cette composition dispose de propriétés d'humectant, d'étalant, de collant et de pénétrant. Les compositions répétées 3 fois et leur stabilité a été évaluée après la fabrication, et à 3 mois et 6 mois après un séjour à 35, 20, 5 et -15 °C.

## **Résultat et conclusion**

L'expérience a permis d'obtenir une composition de bore soluble qui est enrichie de sorbitol. Le sorbitol est une substance synthétisée par la plante et les études antérieures ont un effet positif sur l'absorption et la translocation de bore dans la plante. Notre bio-essai a montré qu'avec cette nouvelle formulation la concentration de bore de 48% dans la feuille traitée et de 11% dans la feuille adjacente. Cette composition aurait aussi un effet stimulant. En effet, les deux molécules organiques liées au bore font partie du métabolisme de la plante, ils sont donc métabolisables et participent à la physiologie de la plante. Les deux molécules permettent également de développer une résistance aux stress hydrique et thermique.

L'essai de formulation d'une composition de zinc a montré qu'en remplaçant l'acide citrique par l'acide acétique liquide, on peut obtenir une solution stable à des températures élevées. Bien que la quantité d'acide ait été calculée sur base molaire, la solution devait être saturée et très acide ( $\text{pH} < 2$ ) et une grande partie d'acide citrique n'avait pas été ionisée. Les complexes avec acide citrique (valeur de  $\text{pKa}$  de 3.13, 4.76 et 6.4) vont se former à des  $\text{pH}$  élevés (6.5) alors que ceux d'acide acétique peuvent ( $\text{pKa}$  de 4.76) peuvent se former à des  $\text{pH}$  plus bas.

La formulation d'une composition d'oligo-élément stable a été obtenue avec l'addition de glycérine qui, avec la monoéthanolamine, permet de former des complexes de bore stables. L'enrichissement en soufre a été aussi possible par l'ajout du sulfate d'ammonium. Avec le thiosulfate d'ammonium, la solution avait tendance à cristalliser. L'autre avantage de la formulation est la présence d'acide citrique comme agent chélatant. En effet, l'acide citrique fait parti du métabolisme de la plante et métabolisable contrairement à l'EDTA qu'on retrouve dans la plupart des formulations.

La formulation d'un engrais complet enrichi d'oligo-élément a été possible. La présence de chlorure de potassium, d'adjuvant AG100 ou de silicates de potassium rend le produit instable. Les biostimulants phosphites et/ou d'acide glutamique peuvent être inclus dans la formulation.

Cette expérimentation a permis d'approfondir nos connaissances en formulation des engrais liquides. Les formulations obtenues seront évaluées pour leur efficacité au champ en 2016. Nous vérifierons aussi la compatibilité des autres biostimulants naturels.

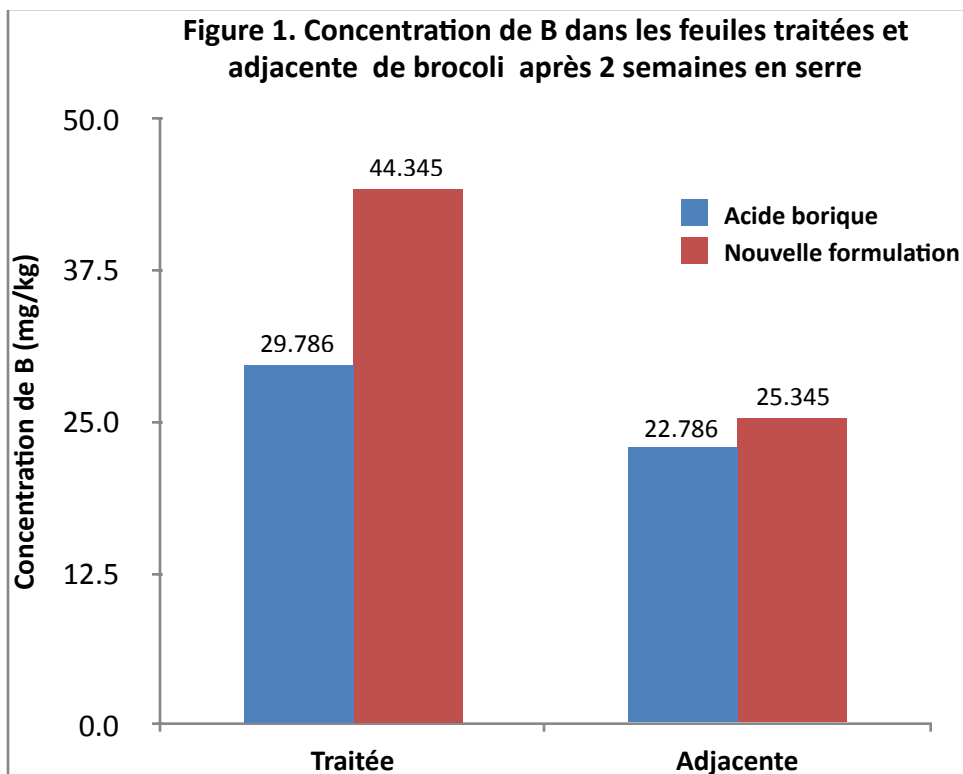


Tableau 1. Stabilité des compositions à base de bore

Composé	S1	S2	S3
		kg/1000 kg	
Eau froide	428	238	166
Monoéthanolamine		190	190
Sorbitol 70%			72
Acide borique	572	572	72
<b>Stabilité</b>			
Fabrication	Insoluble	Soluble	Soluble
6 mois (5/20 °C)		Bon	Bon
3 mois (-15/20 °C)		Gel/dégel	Gel/dégel
6 mois (20 °C)		Bon	Bon

Tableau 2. Stabilité des compositions liquide de zinc

Composé	S1	S2	S3	S4
	kg/1000 kg			
Eau froide	379,5	414	500	454
Acide citrique anhydre	265	266		
Acide acétique			180	180
Chlorure de zinc 47,9%	188	188	188	188
Aqua ammonia 28Be	82,500			88
Urée	85,000	132	132	88
	Stabilité			
Fabrication	Bon	Bon	Bon	Bon
6 mois (5/20 °C)	Gel/cristaux	Gel/cristaux	Gel/dégel	Gel/dégel
3 mois (-15/20 °C)	Gel/cristaux	Gel/cristaux	Gel/dégel	Gel/dégel
6 mois (20 °C)	Cristaux	Cristaux	Gel/dégel	Gel/dégel

Tableau 3. Stabilité des compositions azotées enrichies d'oligo-éléments et de soufre

Composés	S1	S2	S3	S4	S5
	kg/1000 kg				
Eau froide	363	280	338	338	338
Acide citrique anhydre	177	177	160	160	160
Oxyde de zinc ZnO	19	19	20	20	20
Sulfate ferreux FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	61	61	63	63	63
Sulfate de manganèse MnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	62	62	63	63	63
Aqua ammonia 28 Be	180	200	225	225	225
Monoéthanolamine de bore	138	138	11	11	11
Glycérine		63	50	50	50

Ammonium sulfate			50		50
Ammonium thiosulfate				50	
<b>Acide glutamique</b>					20
<b>Total</b>	1000	1000	980	980	1000
N	4,69	5,15	6,27	5,82	6,27
Zn	1,48	1,48	1,56	1,56	1,56
Fe	1,16	1,16	1,20	1,20	1,20
Mn	2,02	2,02	2,05	2,05	2,05
S	1,88	1,88	3,12	3,22	3,12
Stabilité					
Fabrication	Bon	Bon	Bon	Bon	Bon
6 mois (5/20 °C)	Gel/ cristaux	Bon	Bon	Gel/ cristaux	Bon
3 mois (-15/20 °C)	Gel/ cristaux	Gel/ dégel	Gel/ dégel	Gel/ cristaux	Gel/ dégel
6 mois (20 °C)	Cristaux	Bon	Bon	Cristaux	Bon

Tableau 4. Stabilité des compositions d'engrais NPK avec oligo-éléments et biostimulants.

	kg/1000 kg				
EAU	118	68	68	123	117
23-0-0	610	610	610	610	610
Oxyde de zinc	0,626	0,626	0,626	0,626	0,626
Oxyde de Mg	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840
sulfate de fer FeSO4 7H2O	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219
sulfate de Mn MnSO4.1H2O	1,538	1,538	1,538	1,538	1,538
Acide EDTA	13	13	13	13	13
KOH liquide 45%	10	10	10	10	10

Acide borique	1,428	1,428	1,428	1,428	1,428
<b>Molybdate de sodium</b>	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630
EAU	10	10	10		
acide phosphorique 75%	73	73	73	73	73
Acide phosphoreux		<b>60</b>			
KOH liquide 45%	110	110	110	110	151
KCl2 0-0-62.4	24	24	24		
EAU	25	25	25		0
<b>Adjuvant non ionique AG100</b>			<b>50</b>		
<b>Potassium silicates</b>				<b>55</b>	
<b>Acide glutamique</b>					20
	999,281	1009,281	999,281	1000,281	1000,281
<b>Stabilité</b>					
Fabrication	Bon	Bon	Dépôt	Bon	Bon
6 mois (5/20 °C)	Bon/ cristaux	Bon/ cristaux		Bon/ cristaux	Bon
3 mois (-15/20 °C)	Gel/dégel	Gel/dégel		Gel/dégel	Gel/dégel
6 mois (20 °C)	Cristaux	Cristaux		Cristaux	Bon