




Avec la participation de l' 

---

# Les stimulateurs de la nutrition et autres produits émergents, à la lumière de la physiologie

Ludovic FAESSEL (K+S France), Jean-François MOROT-GAUDRY (INRA)



Rencontres de Blois: les 25 et 26 novembre 2009  
« Fertilisation raisonnée et analyse de terre: Quoi de neuf en 2009? »



# Plan

---

- Introduction
- Définition, qu'en est-il?
- Exemple 1: les extraits d'algues
- Exemple 2: les éléments minéraux non essentiels
- Conclusion



---

# Introduction

# Introduction

- Durant les 2 dernières décennies, différents produits sont arrivés sur le marché des intrants agricoles qui ne sont :
  - ni des engrais car n'apportant pas d'éléments nutritifs
  - ni des produits phytosanitaires car n'agissant pas ou pas de manière directe sur les nuisibles



# Introduction

---

- On peut citer :

Les extraits  
d'algues

Les  
lignosulfonates

Les acides  
humiques

Les acides  
aminés

Les  
brassinolides

Les éléments  
minéraux non  
essentiels

Les PGPR

# Introduction

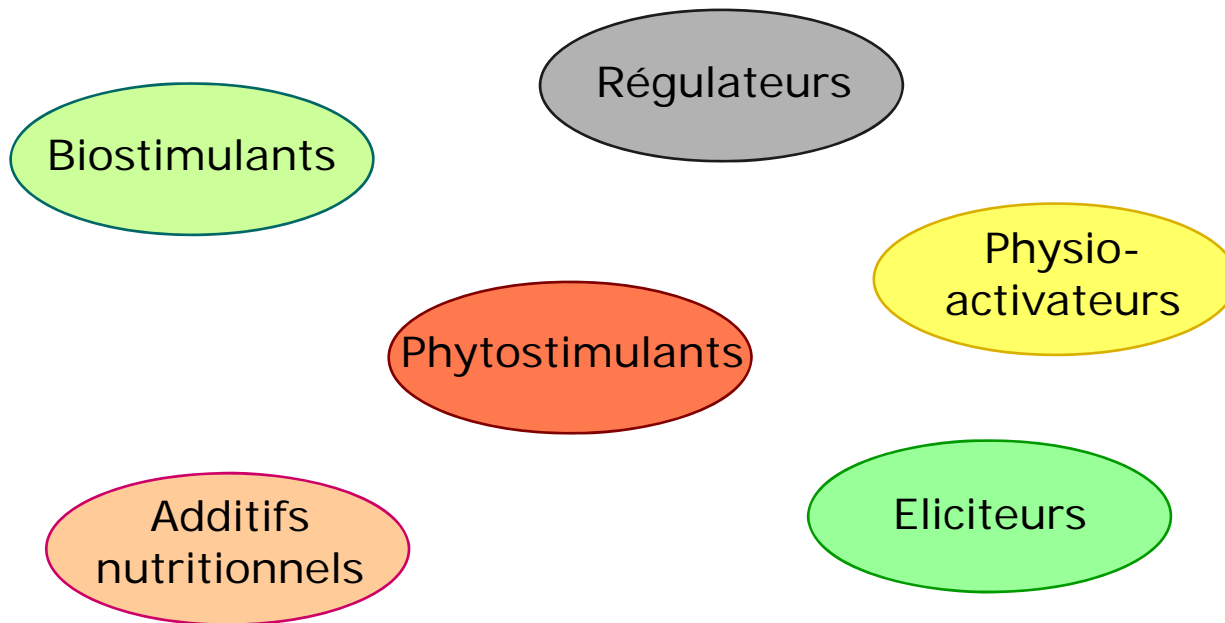
## ○ Leurs effets sur les cultures :

	Amélioration de l'absorption minérale	Stimulation de la germination	Stimulation de la rhizogénèse	Stimulation de la croissance foliaire	Accroissement du calibre des fruits	Meilleure résistance aux stress	Références
Extraits d'algues	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	Khan <i>et al.</i> (2009)
Acides humiques	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>			Eyheraguibel <i>et al.</i> (2004)
Acides aminés						<b>X</b>	Cohen <i>et al.</i> (2001)
Lignosulfonates			<b>X</b>				Kevers <i>et al.</i> (1999)
Brassinostéroïdes		<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	Hayat <i>et al.</i> (2003)
Éléments minéraux non essentiels	<b>X</b>				<b>X</b>	<b>X</b>	Pilon-Smits <i>et al.</i> (2009)
PGPR-PGPF	<b>X</b>		<b>X</b>		<b>X</b>	<b>X</b>	Siddiqui (2006)

# Définition : qu'en est-il ?

---

- Différentes désignations ont été proposées pour ce groupe hétérogène de produits :





# Définition : qu'en est-il ?

---

- Le terme le plus ancien est probablement celui de biostimulants
- Définition: Produits, autres que des éléments nutritifs, qui améliorent la croissance des plantes lorsqu'ils sont appliqués en faible quantité



# Définition : qu'en est-il ?

- Néanmoins, le terme biostimulant est controversé, car le radical –bio introduit une certaine confusion

## Bio-stimulant

?

Est-ce que c'est l'origine qui est biologique?  
(extraits de plantes, de microorganismes ...)



Exclut : les acides humiques, les éléments minéraux non essentiels

?

Est-ce que c'est l'effet qui est biologique?  
(stimulation de fonctions biologiques)

?

Est-ce que c'est un produit utilisable en agriculture biologique?  
(au sens du Rég CE 834/2007)

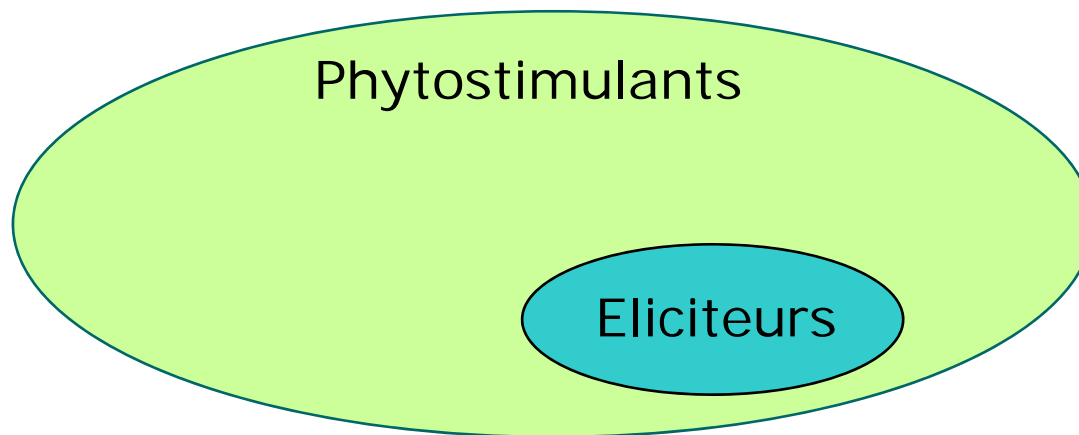


Exclut : les acides humiques, les acides aminés, les brassinolides, les lignosulfonates ...

# Définition : qu'en est-il ?

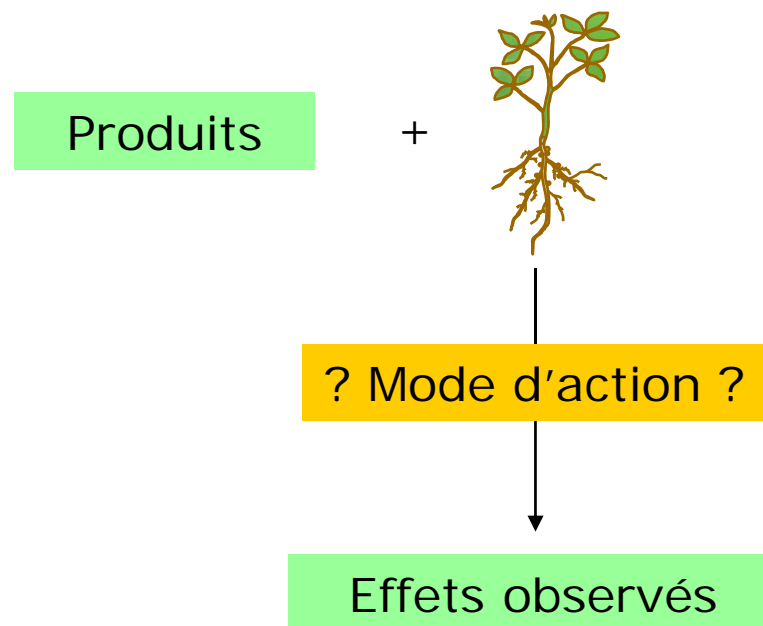
---

- La définition des phytostimulants est plus précise: Substances, qui dans certaines conditions, vont favoriser la nutrition ou la croissance ou le développement et dont la finalité consiste à accroître qualitativement ou quantitativement les récoltes. Les éliciteurs étant un sous-groupe de phytostimulants car ils agissent sur un mécanisme précis : la stimulation des mécanismes de défenses (Fardeau & Jonis, 2003)



# Définition : qu'en est-il ?

- La plupart de ces produits était utilisée de manière empirique sans qu'on est pu démontrer le ou les modes d'action



# Définition : qu'en est-il ?

---

- Les connaissances actuelles en physiologie végétale et les outils de biochimie et de biologie moléculaire permettent de cerner les mécanismes d'action impliqués



- 2 exemples:
  - Les extraits d'algues
  - Les éléments minéraux non essentiels comme le sélénium ou le silicium



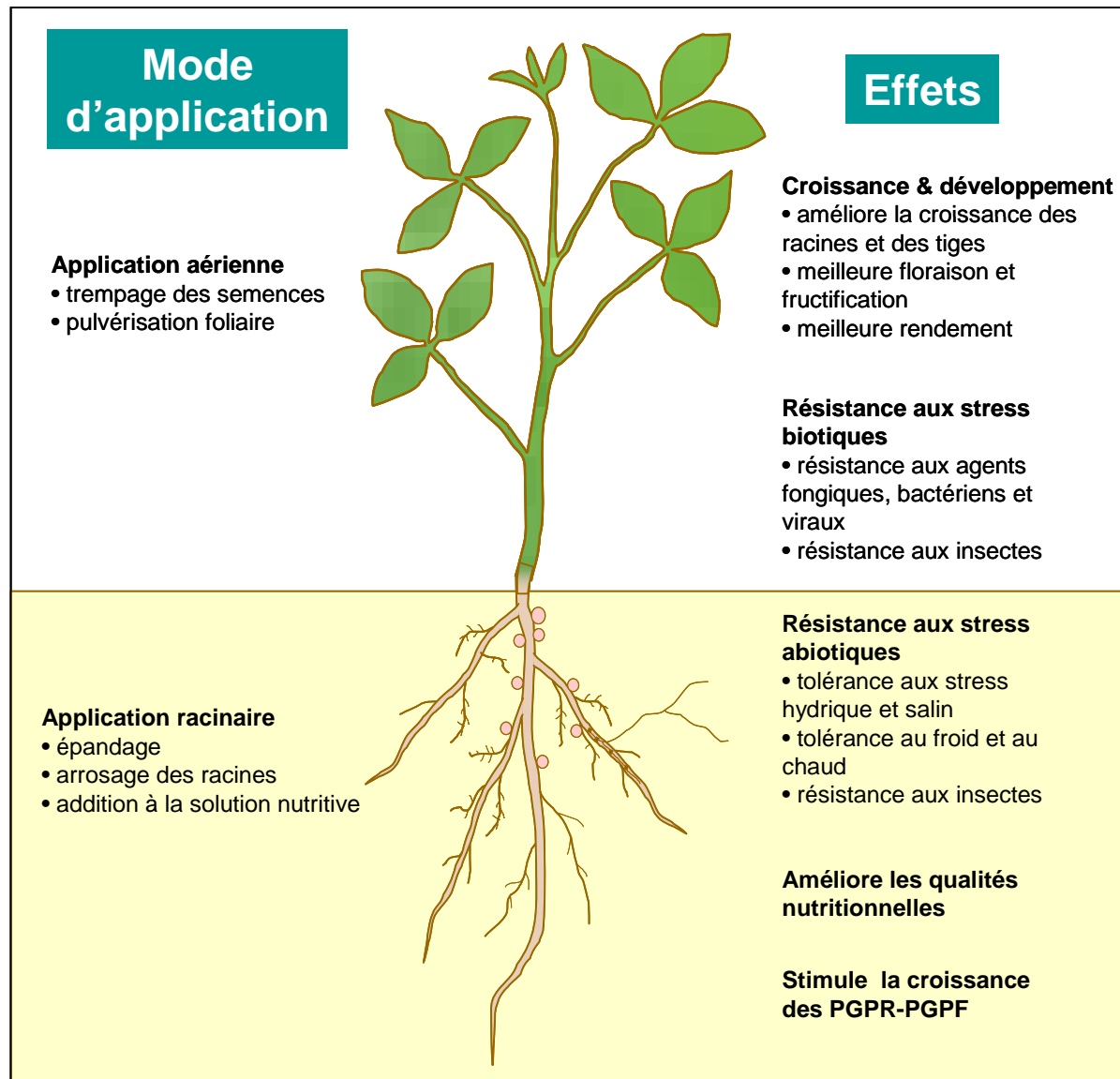
---

# Les extraits d'algues



# Les extraits d'algues

- Des effets observés très larges:





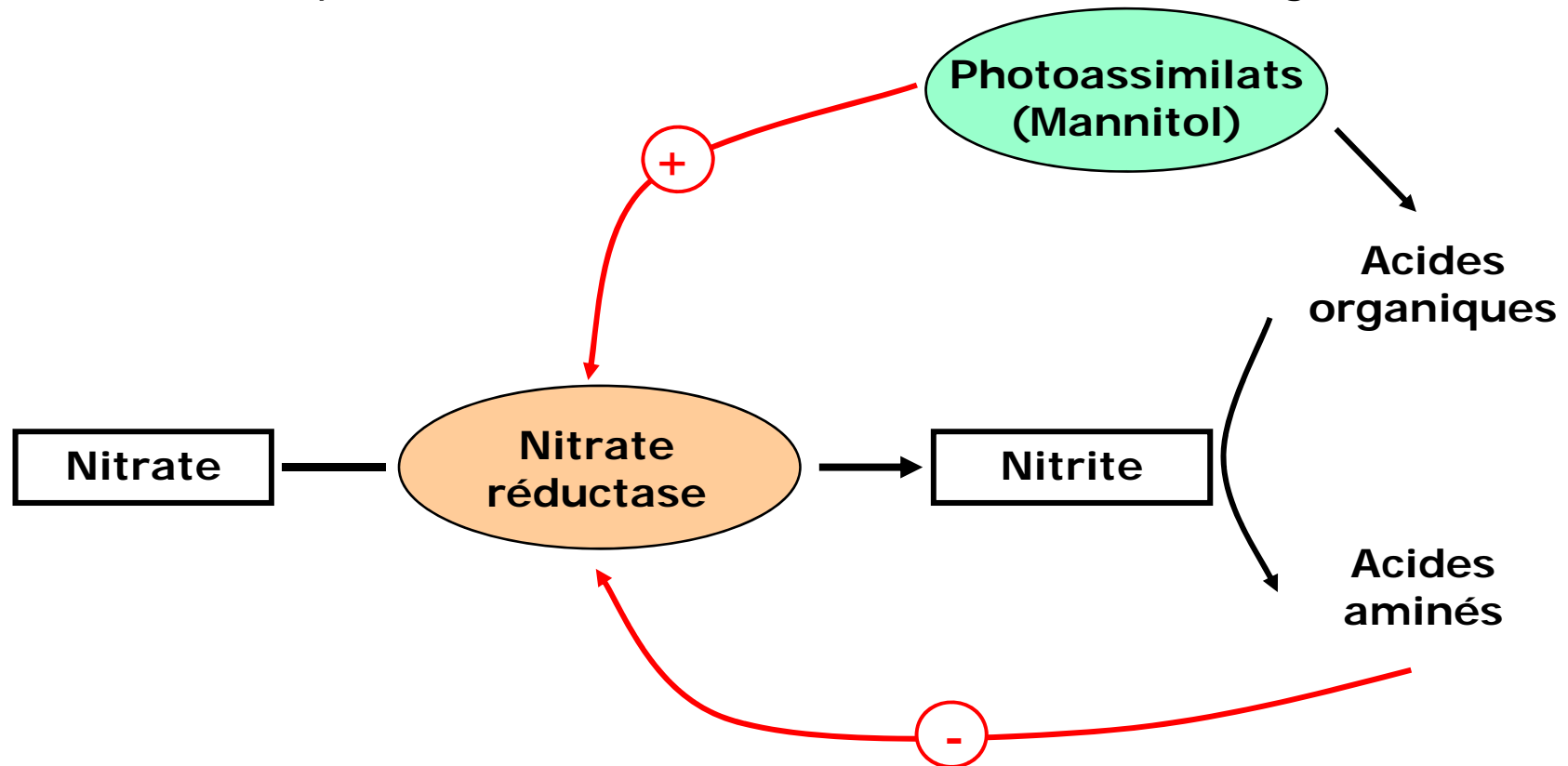
# Les extraits d'algues

---

- Stimulation de l'assimilation d'éléments nutritifs
- Stimulation de la croissance et du développement
- Amélioration de la tolérance aux stress abiotiques
- Induction d'une résistance aux pathogènes

# Les extraits d'algues

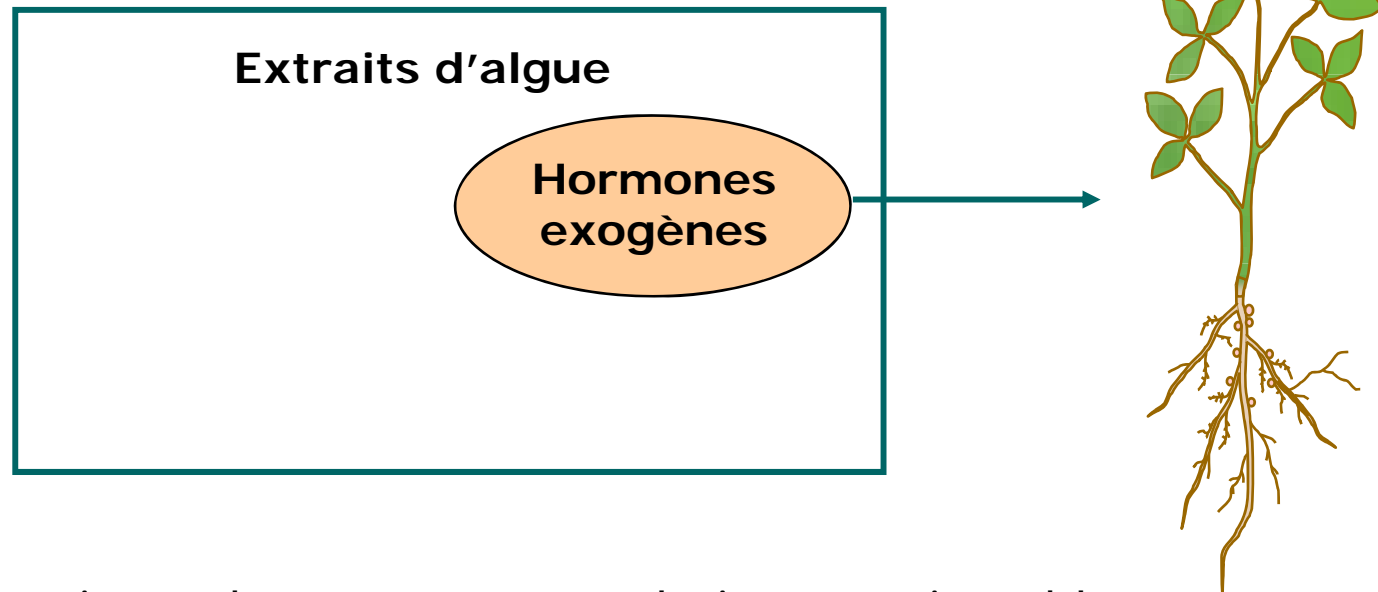
- Stimulation de l'assimilation d'éléments nutritifs:
  - les extraits d'algues contiennent de macro-éléments et des oligoéléments mais à des quantités très faibles ne pouvant expliquer les effets observés
  - l'amélioration de la nutrition azotée serait lié à la présence de mannitol dans les extraits d'algues.





# Les extraits d'algues

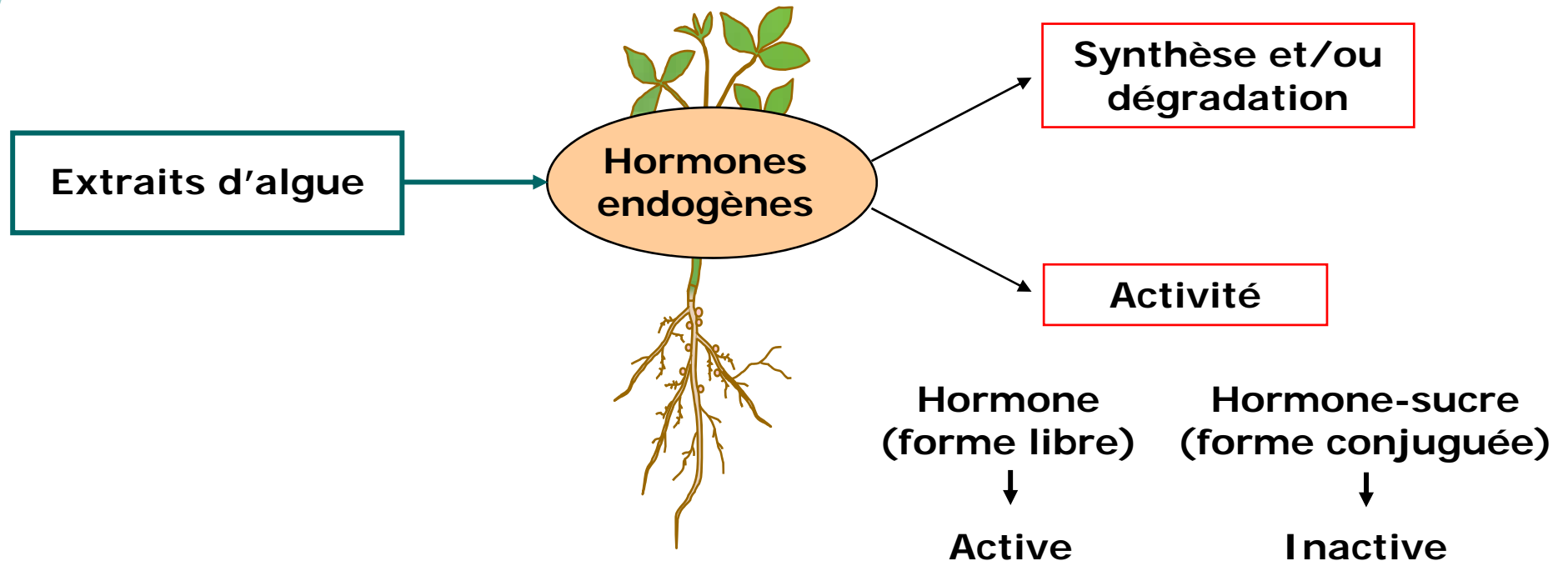
- Stimulation de la croissance et du développement
  - ex: stimulation de la croissance racinaire, augmentation du diamètre des fruits ...
  - les extraits d'algues contiennent des hormones végétales ou des substances mimant ces hormones: on peut les qualifier d'hormones exogènes



- mais ces hormones sont relativement instables

# Les extraits d'algues

- Stimulation de la croissance et du développement
  - Composés présents (sucres, polyamines) dans les extraits d'algues capables d'agir sur la synthèse ou l'activité d'hormones endogènes



# Les extraits d'algues

- Tolérance aux stress abiotiques
  - les extraits d'algues augmentent la tolérance à différents stress abiotiques:



Sécheresse



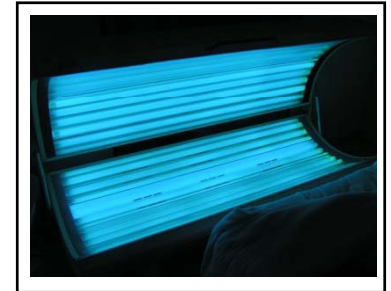
Salinité



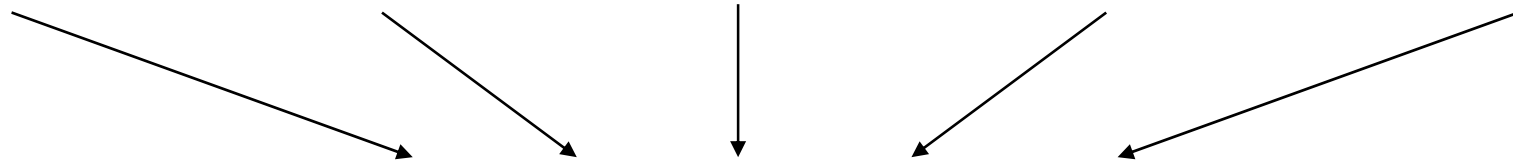
Froid



Chaud



UV



- désordres osmotiques
- accumulation de formes réactives de l'oxygène



**Dommages à l'ADN, membranes, protéines ...**

# Les extraits d'algues

- Tolérance aux stress abiotiques
  - Mode d'action :
    - Stimulation des mécanismes anti-oxydants
    - Présence d'osmorégulateur : les bétaines

Accumulation de formes réactives de l'oxygène

$\text{OH}^\bullet$

$\text{H}_2\text{O}_2$

$\text{O}_2^{\bullet-}$

$\text{OH}^\bullet$



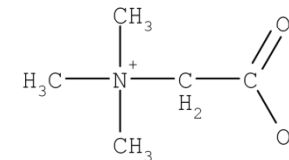
Superoxyde dismutase  
Glutathione reductase  
Ascorbate peroxydase

Extraits d'algue

+

Désordres osmotiques

Bétaines



Ralentit la dégradation de la chlorophylle



# Les extraits d'algues

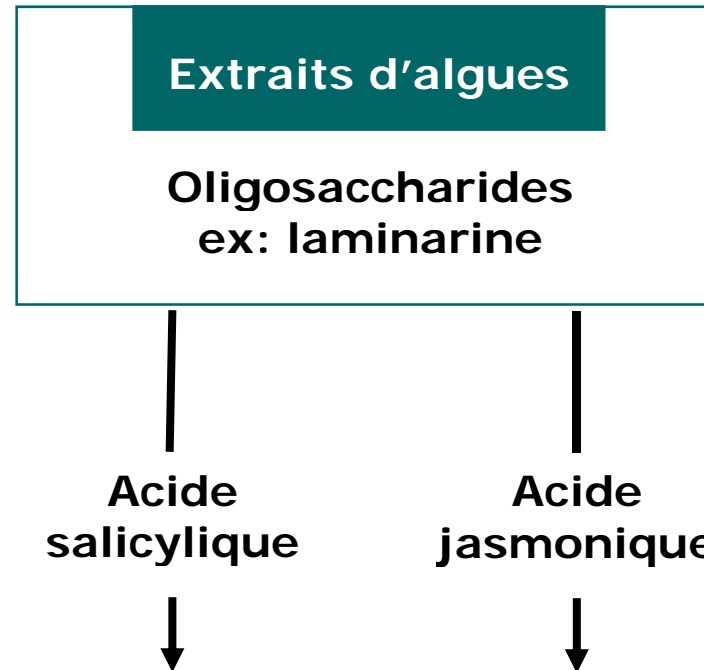
---

- Résistance aux attaques parasitaires
  - les extraits d'algues réduisent la sévérité de maladies fongiques, bactériennes, virales et d'attaques de nématodes
  - Les extraits d'algues ont une très faible activité anti-microbienne : ils n'agissent donc pas de manière directe
  - Certains composés présents dans les extraits d'algues agissent comme éliciteurs en stimulation les mécanismes de défenses

# Les extraits d'algues

---

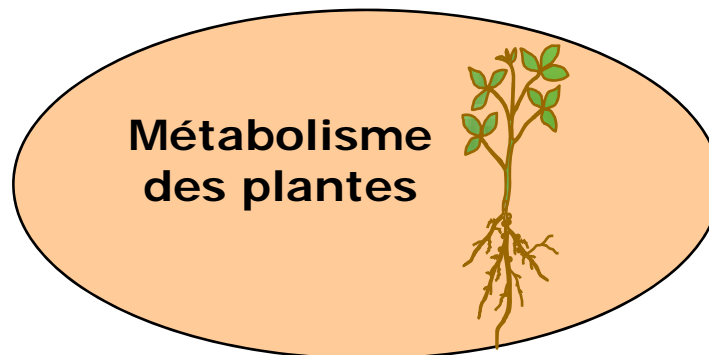
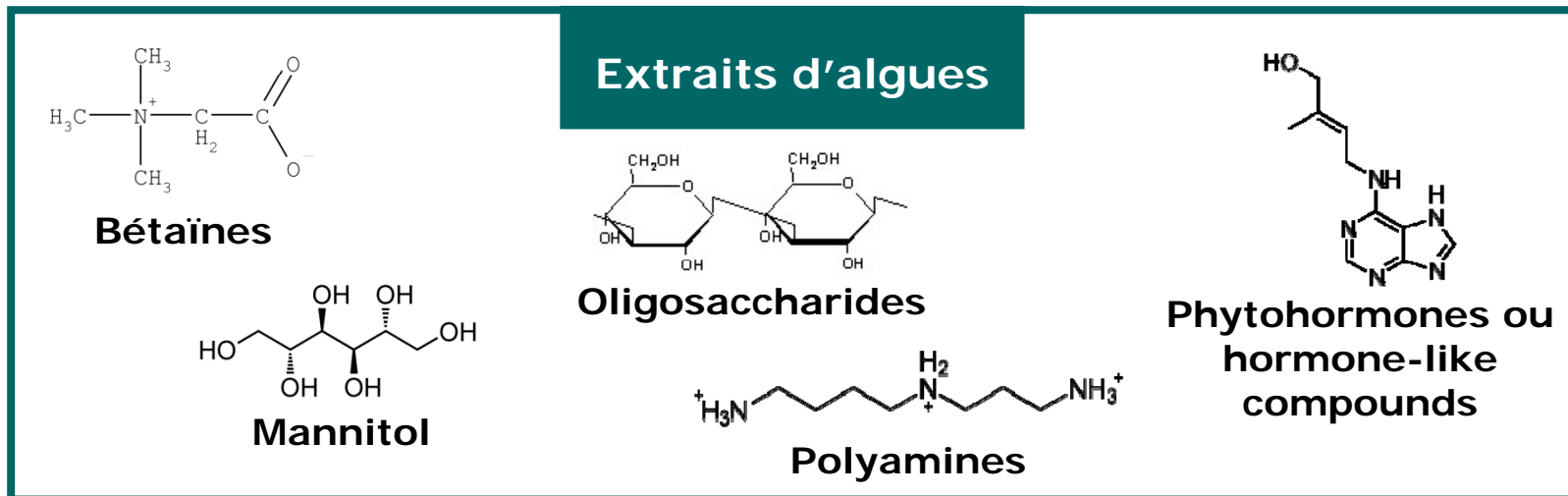
- Résistance aux attaques parasitaires



- **Composés antimicrobiens (phytoalexines, protéines PR)**
- **Renforcement de la paroi cellulaire**  
( modifie l'expression de plus 152 gènes de défenses)

# Les extraits d'algues

- Conclusion:
  - Multitude de composés actifs
  - Agissant sur le métabolisme des plante





---

# Les éléments minéraux non essentiels







# Les éléments minéraux non essentiels

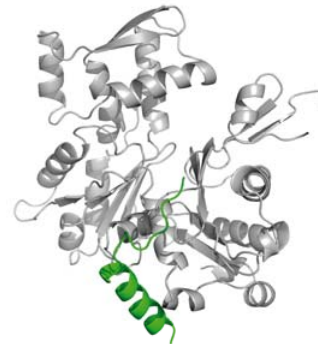
---

- Ce sont des éléments bénéfiques pour les plantes
- Mais qui ne sont pas classés comme éléments nutritifs (macroéléments, éléments secondaires, oligo-éléments) car ils ne provoquent pas en leurs absences de symptômes de carence
- Il s'agit notamment du :
  - Sélénium (Se)
  - Silicium (Si)

# Les éléments minéraux non essentiels

---

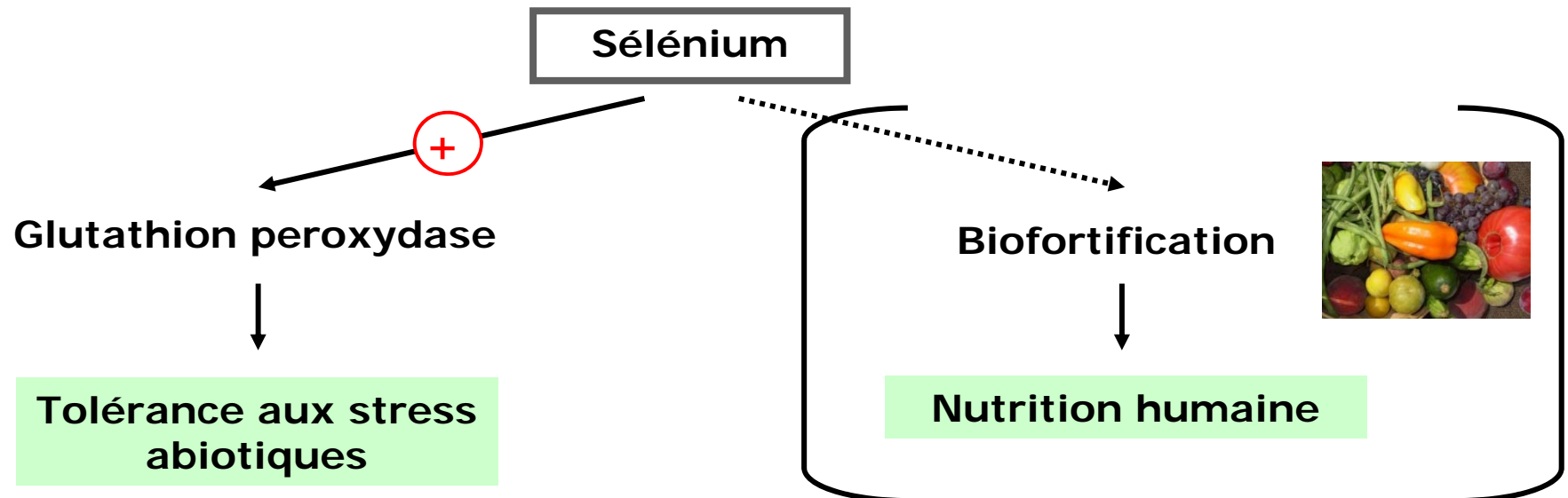
- Le sélénium (Se)
  - Chimiquement proche du soufre (S)
  - Chez les animaux et bactéries, Se se lie à certains acides aminés pour former des sélénocystéines et des sélénométhionines. Les protéines composées de ces acides aminés sont capables d'inactiver les formes réactives de l'oxygène



- Chez les végétaux, les sélénoprotéines n'ont pas encore été détectées
- Néanmoins, de faibles concentrations de Se stimulent la croissance de certaines plantes (laitue, pomme de terre ...)

# Les éléments minéraux non essentiels

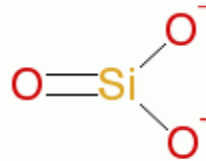
- Le sélénium (Se)
  - Se agirait en stimulant les mécanismes anti-oxydants comme l'enzyme glutathion peroxydase, augmentant la tolérance aux stress abiotiques
  - L'accumulation de sélénium chez les plantes cultivées (biofortification) a également un intérêt en nutrition humaine (sélénium réduit l'occurrence de certaines cancers et la susceptibilité à certains virus)



# Les éléments minéraux non essentiels

---

- Le silicium (Si)
  - L'élément le plus abondant sur Terre
  - Absorbé par les plantes sous forme d'acide monosilicique



- Son rôle essentiel n'a été démontré que chez le riz et la prêle
- Mais effets bénéfiques chez un très large spectre de plantes (tomate, radis, melon, laitue ...)

# Les éléments minéraux non essentiels

- Le silicium (Si)
  - Si agit sur la tolérance aux stress abiotiques (chaud, froid, salinité) et aux stress biotiques (pathogènes, herbivores)



Salinité



Froid



Chaud



Herbivores



Pathogènes

Silicium

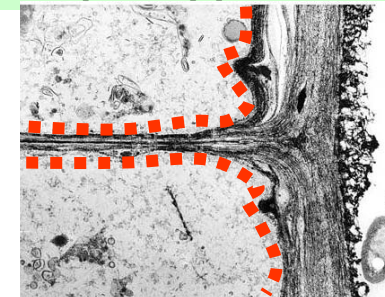


Stimulation du métabolisme anti-oxydant

- enzymatique (ascorbate peroxydase, superoxyde dismutase)
- non-enzymatique (composés phénoliques, glutathion)



Renforcement mécanique de la paroi cellulaire par apposition de silice





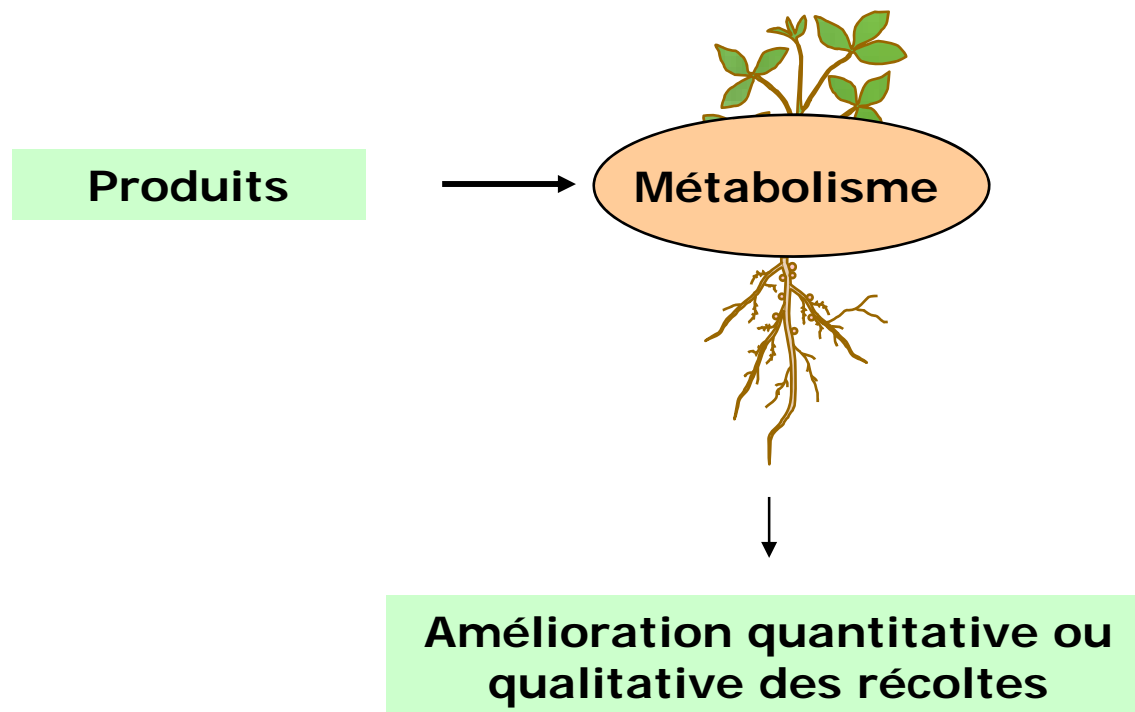
---

# Conclusion

# Conclusion

---

- Famille de produits extrêmement hétérogène tant du point de vue de l'origine que de leurs natures chimiques
- Effets sur la physiologie des plantes en activant certaines voies métaboliques



# Conclusion

---



- Dans l'Union Européenne, la réglementation de mise sur le marché est très hétérogène:
  - Catégorie spécifique (en dehors des MFSC et phytopharmaceutiques) en Allemagne : « Pflanzenstärkungsmittel »
  - Catégorie spécifique en Italie: « Biostimulante »
  - Catégorie spécifique en Espagne uniquement:
    - Acides aminés
    - Acides humiques
  
- Néanmoins, lors de la réunion de travail « Harmonisation européenne » de septembre 2009, la Commission Européenne a indiqué qu'elle était ouverte à un projet d'harmonisation de la mise sur le marché des « produits spéciaux »
  - Les découvertes scientifiques sur les substances actives et les modes d'action permettront d'avancer dans ce projet