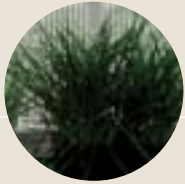


EXTRAIT DE

PHYTOMA

La Défense des Végétaux





ph. Goëmar

tester

Principes physio-activateurs des filtrats d'algue marine

État des connaissances sur leurs effets sur la physiologie des plantes

Olivier Klarzynski*, Elodie Fablet*, Mickael Euzen* et Jean-Marie Joubert**

Les extraits liquides d'algues marines sont fabriqués et utilisés pour améliorer la culture de plantes d'intérêt agronomique depuis plus d'une cinquantaine d'années. Si ces produits sont encore loin d'avoir livré tous leurs secrets, l'expérience acquise au cours de cette période a permis de mieux connaître leur mode d'action et de renforcer leur activité biologique. D'abord réalisée de manière assez empirique, cette démarche bénéficie aujourd'hui d'outils d'investigation de plus en plus sophistiqués. Le développement des extraits d'algues pour l'agriculture est un domaine dans lequel les Laboratoires Goëmar sont actifs depuis plus de 30 ans. Nous livrons ici les dernières avancées de nos recherches sur les filtrats⁽¹⁾ d'algues Goëmar.

L'analyse des nombreux travaux réalisés sur les produits à base d'algues souligne la grande polyvalence d'action de ces produits sur le végétal, tant au niveau des effets biologiques induits dans les plantes qu'en largeur de spectre d'espèces végétales stimulées (Jolivet *et al.*, 1991). Toutes les plantes d'intérêt agronomique semblent en effet pouvoir tirer profit de ces produits, selon des modalités spécifiques au contexte agronomique de chaque culture et aux processus de fabrication des extraits.

Citons par exemple l'intérêt des filtrats d'algues développés par Goëmar qui permettent, selon les conditions d'utilisation, une amélioration de la germination des graines, de la croissance et du développement des plantes ainsi que de la qualité des fruits récoltés.

Mode d'action des extraits d'algues : état des connaissances

Très peu de ces travaux ont démontré précisément le mode d'action des extraits d'algues sur le métabolisme végétal. Ces études sont tributaires des connaissances sur les phénomènes de régulation interne de la plante. Or, malgré des avancées certaines ces dernières années, beaucoup des mécanismes physiologiques des plantes restent encore obscurs. De plus, l'importante variété d'effets biologiques

constatés pour les extraits d'algues complique les recherches sur leur mode d'action, tant les pistes de recherche sont nombreuses.

Hormones ou... éliciteurs ?

Les premières études réalisées ont permis d'établir que l'origine du mode d'action des extraits d'algues réside dans la présence de signaux actifs dans ces extraits. Ceci en raison de doses efficaces trop faibles pour que ces produits agissent en tant que source directe de nutrition. Plusieurs hormones végétales supposées être les principes actifs des extraits ont été isolées dans les algues dès les années 60. Mais l'implication de ces hormones dans les effets des extraits d'algues reste très discutée car ces molécules sont en général peu stables et de teneur variable dans les extraits.

Aujourd'hui, l'avancement des connaissances commence à révéler la complexité des phénomènes de régulation tant en amont qu'en aval de la synthèse des substances hormonales. Il permet d'envisager des champs d'investigations où les médiateurs des effets des extraits d'algues ne seraient pas directement des hormones. Le concept d'éliciteur, molécule agissant en tant que signal activateur d'enzymes ou de voies métaboliques précises, illustre bien ce point.

L'expérience montre aussi qu'il est utile de tenir compte très tôt des spécificités de composition des algues pour mieux comprendre leurs effets. Le cas du mannitol, nous y reviendrons plus loin, en est un bon exemple.

À suivre : mécanismes et processus internes

Notre démarche de recherche au laboratoire consiste à suivre de très près l'évolution des connaissances concernant les mécanismes de régulation internes de la plante ainsi que la biologie des algues marines. Ceci dans le but de cibler les processus biologiques clés du métabolisme de la plante pour s'en servir, le cas échéant, comme outil de compréhension des effets des filtrats d'algues puis de sélection

(1) Que sont les « filtrats d'algues » ?

Ce sont des concentrés en principes actifs, obtenus à partir de la crème d'algue GA 14 par des procédés de filtration spécifiques. Les cibles d'application des différents filtrats sont déterminées par l'activité biologique mesurée au champ selon les espèces et les effets recherchés.

* Laboratoire de Physiologie Végétale Goëmar.
Penn ar Prat, 29250 Saint-Pol-de-Léon.

** Laboratoire Goëmar, Av. du Général-Patton.
35418 Saint-Malo Cedex.

des molécules actives. Cette dernière démarche est effectuée sans a priori sur les composés actifs pouvant être présents dans les algues.

Effet physio-activateur des filtrats d'algues Goëmar sur la croissance des plantes

Ces travaux ont porté leurs fruits. Nous connaissons aujourd'hui avec précision plusieurs effets biologiques précis induits sur le végétal par les filtrats d'algues Goëmar issus d'*Ascophyllum nodosum*.

Ces connaissances ont profité à notre gamme de produits dont les méthodes de production ont été optimisées sur ces bases. Par exemple, l'identification des principes actifs a permis de modifier les procédés de fabrication pour enrichir le produit physio-activateur en principes actifs, afin d'augmenter son efficacité ainsi que de permettre l'utilisation de doses réduites. Les résultats présentés ci-après illustrent les connaissances obtenues sur le mode d'action de ce type de filtrat d'algues.

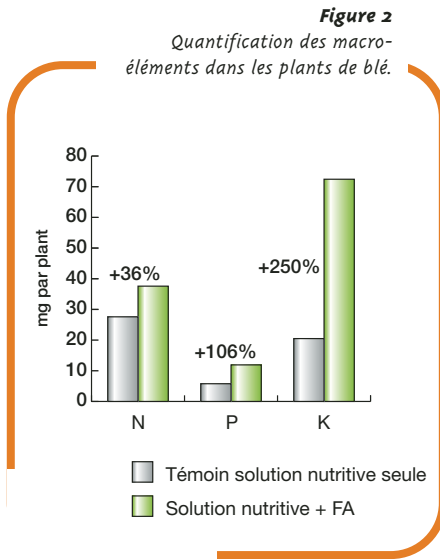
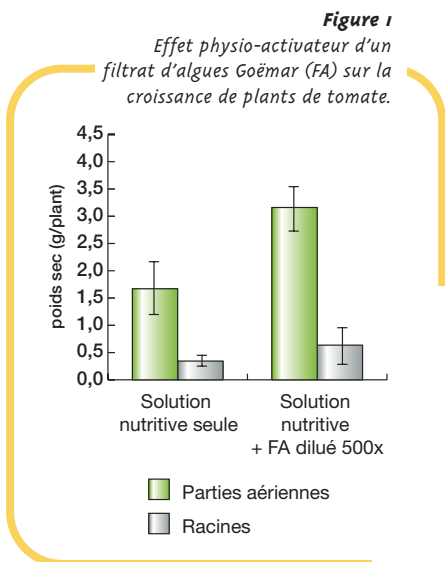
Effet sur la croissance des plantes

Compte tenu des travaux montrant un potentiel large des extraits d'algues sur la physiologie générale des plantes traitées, nous avons débuté nos investigations en évaluant l'effet de nos produits sur la croissance de jeunes plants de blé et de tomate en culture hors-sol.

Des applications séquentielles par arrosage du filtrat d'algues en plus d'une solution nutritive ont permis d'observer une augmentation spectaculaire de la croissance des plants comparativement à des plants témoins arrosés par la solution nutritive seule. Les résultats obtenus pour les plants de tomate sont présentés figure 1, ceux obtenus sur le blé ont été publiés précédemment (Klarzynski *et al.*, 2005).

Effet sur la nutrition des plantes

Le contenu en azote, phosphore et potassium ainsi qu'en chlorophylle des plants utilisés



dans ces expérimentations ont également été mesurés. La figure 2 montre que l'accroissement des plants s'accompagne naturellement d'une augmentation de la quantité des principaux macroéléments absorbés.

Le taux de chlorophylle des plants est aussi augmenté, ce qui confirme que la stimulation par les effets physio-activateurs du filtrat d'algues, notamment l'augmentation des taux d'azote et de phosphore, est directement mise à profit par les plantes pour leur croissance.

Mécanismes d'action sur l'assimilation d'azote et de phosphore

Les résultats obtenus dans cette étude montrent un très large effet physio-activateur des filtrats d'algues Goëmar sur la plante. En premier lieu, cette action se manifeste par une stimulation de la nutrition des plants. En effet, à la dose utilisée (dilution de plusieurs centaines de fois), les filtrats d'algues ne contiennent pas de teneurs suffisamment élevées en nutriments pour servir de source de nutrition significative. De plus, utilisés seuls sans solution nutritive, ces filtrats ne sont pas actifs dans nos expériences. Ces éléments accréditent l'hypothèse d'un effet signal du physio-activateur.

Concernant l'azote et le rôle du mannitol

Dans un précédent article, nous avons montré que nos filtrats d'algues induisent effectivement un des outils métaboliques que la plante utilise pour assimiler les nitrates (Klarzynski *et al.*, 2005). Nos filtrats activent l'enzyme Nitrate Réductase (NR), qui est un élément-clé de la nutrition azotée des plantes (Morot-Gaudry, 1997). Au cours de ces expériences, nous avons également observé qu'un des composants de ces filtrats d'algues, le mannitol, est capable à lui seul d'activer cette enzyme et d'augmenter la teneur en chlorophylle dans les tissus.

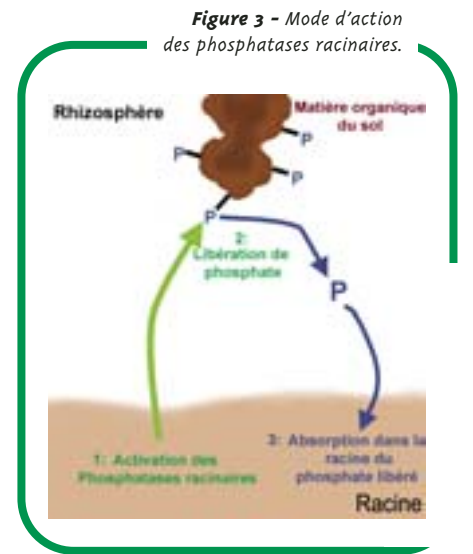
Nous avons cependant noté que l'effet du mannitol sur le taux de chlorophylle, bien que

significativement différent du témoin, est plus faible que celui des filtrats d'algues. Ceci indique que le mannitol n'agirait pas seul mais en complément, voire en synergie, avec d'autres constituants des filtrats. L'origine de l'activité du mannitol pourrait résider dans le fait que cette molécule est synthétisée comme photo-assimilat, en parallèle du saccharose, par plus de cent espèces de plantes vasculaires. Nos travaux apportent les premiers indices suggérant que le mannitol, comme le saccharose, est un photo-assimilat activateur de la NR.

Effets sur l'activité des phosphatases racinaires

D'autre part, la quantification du phosphore dans les plants traités avec les filtrats d'algues Goëmar montre que ce traitement permet à la plante de mieux utiliser le phosphore présent au niveau de ses racines.

Nous avons donc examiné si les filtrats d'algues peuvent stimuler les mécanismes physiologiques de la plante impliqués dans l'absorption des phosphates. Ces ions essentiels à la plante (Bieliski, 1973 ; Raghothama, 1999) sont en effet très largement indisponibles dans le sol. Dans de nombreux systèmes agricoles, seuls 20 % du phosphore appliqué est directement disponible pour la culture, le reste étant fixé par le sol, pour un tiers sous forme organique (Russell, 1973).

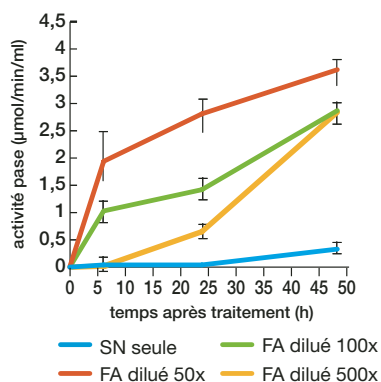


Les phosphatases des racines des plantes sont des enzymes qui jouent un rôle-clé dans l'absorption du phosphate. En effet, leur activité aboutit à libérer le phosphate fixé à la matière organique du sol (Haran *et al.*, 2000 ; Baldwin *et al.*, 2001 ; Hunter & Leung, 2001) (Figure 3).

Le phosphate ainsi libéré étant ensuite absorbé par la plante, ces enzymes sont donc au cœur de la compétition plante/sol pour le phosphate. Ainsi, nous nous sommes intéressés à l'effet que pouvait avoir nos filtrats d'algues sur l'activité des phosphatases racinaires.

Le système de culture hydroponique de la tomate utilisé au laboratoire permet aisément

Figure 4
Stimulation de l'activité des phosphatases racinaires après traitement avec trois doses du filtrat d'algues Goëmar.



de mettre en évidence l'effet de produits sur les enzymes phosphatases libérées par les racines. Les tests réalisés ont montré que le traitement avec les filtrats d'algues augmente l'activité de ces enzymes (Figure 4).

On observe que l'effet est proportionnel à la dose d'extrait utilisée et au temps d'exposition des racines au produit.

L'action des filtrats sur cette enzyme permettrait donc à la plante de prélever un plus grand nombre d'atomes de phosphore de la matière organique du sol, ce qui est confirmé par les dosages d'accumulation de phosphore dans les plants entiers (Figure 2). Ces résultats démontrent que l'augmentation du phosphore absorbé par les plants traités est une conséquence de la stimulation par les filtrats d'algues des mécanismes d'absorption du phosphore par la plante, soit l'étape 1 de la figure 3.

Conclusion

La polyvalence d'action qui caractérise les effets des filtrats d'algues Goëmar sur les végétaux est illustrée au niveau macroscopique par la stimulation de croissance de jeunes plants traités. Ceci témoigne d'une stimulation, directe ou indirecte, des processus physiologiques impliqués en amont.

On constate que les filtrats d'algues activent dans un premier temps les voies de nutrition de la plante. La stimulation des enzymes végétales impliquées dans l'absorption d'azote et de phosphore en sont deux exemples précis.

Leur activation permettra ensuite une multitude d'effets en aval dans la plante. On observe en effet des actions positives sur des étapes-clés du métabolisme végétal qui conditionnent la croissance de la plante, tels que la synthèse de chlorophylle (riche en azote) ou le métabolisme énergétique de la cellule végétale (requérant des phosphates) qui sera également probablement facilité.

Nous qualifions ainsi l'effet des filtrats de « physio-activateurs » car ils permettent une augmentation du potentiel de croissance de la

plante par leur action sur les étapes clés du métabolisme primaire de la plante.

Les conditions expérimentales utilisées dans nos travaux montrent clairement que les filtrats d'algues agissent comme stimulateurs du métabolisme de la plante et non comme source nutritive. On observe ainsi que des signaux — comme le mannitol — qui sont présents dans nos filtrats d'algues sont capables d'augmenter l'activité d'enzymes utilisées par la plante pour absorber des minéraux.

Ce mode d'action a pour origine la sensibilité des plantes à de nombreux signaux nécessaires à la régulation de leur métabolisme.

Ces signaux sont des témoins internes des besoins et de l'état physiologique général de la plante (Kaiser et Hubert, 2001).

Ces résultats permettent de faire avancer les connaissances sur le mode d'action des filtrats d'algues. La compréhension globale de leurs effets sera acquise quand les principaux composés organiques impliqués dans les effets biologiques constatés seront identifiés. Cette démarche est ambitieuse, tant par le nombre et la nature diverse des candidats potentiels que par le fait qu'ils peuvent agir individuellement ou en synergie avec d'autres substances. Mais dès à présent, nos résultats permettent d'avancer de premières explications sur les effets des filtrats d'algues Goëmar. Ils ouvrent la voie à de nouvelles offres de stratégies de culture des plantes.

Bibliographie

- Baldwin JC., Athikkattuvalasu SK. & Raghothama KG., 2001 - LEP52, a phosphorus starvation-induced novel acid phosphatase from tomato. *Plant Physiology*, 125, 728-737.
- Bielecki RL., 1973 - Phosphate pools, phosphate transport, and phosphate availability. *Annual Review of Plant Physiology*, 24, 225-252.
- Haran S., Logendra S., Saskar M., Bratanova M. & Raskin I., 2000 - Characterization of *Arabidopsis* acid phosphatase promoter and regulation of acid phosphatase expression. *Plant Physiology*, 124, 615-626.
- Hunter DA. & Leung DW., 2001 - Enhancement of acid phosphatase activity in *Capiscum annum* L. plants in response to phosphate deficiency. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 164, 219-233.
- Jolivet E., de Langlais-Jeanin I., Morot-Gaudry JF., 1991 - Les extraits d'algues marines : propriétés phytoactives et intérêt agronomique. *Ann. Biol.*, pp 109-126.
- Kaiser et Hubert, 2001 - Post-translational regulation of nitrate reductase : mechanism, physiological relevance and environmental triggers. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 52, pp 1981-1989.
- Klarzynski O., Esnault D., Euzen M., & Joubert J.M., 2005 - Mécanismes d'action de l'extrait d'algue GA7. *Phytoma*, 585.
- Morot-Gaudry, 1997 - Assimilation de l'azote chez les plantes, INRA Éditions.
- Raghothama KG., 2000 - Phosphate transport and signaling. *Current Opinion in Plant Biology*, 3, 182-187.
- Russell DW., 1973 - Soil conditions and plant growth. New York, NY, USA : Longman Group Ltd.

Résumé

Nous avons étudié au laboratoire les effets de filtrats de l'algue *Ascophyllum nodosum* produits par la société Goëmar. Les résultats présentés dans cet article montrent que ces produits stimulent la croissance et la nutrition des plantes traitées. L'étude de leur mode d'action révèle qu'ils agissent sur les plantes en tant que physio-activateurs.

En effet, nous observons que les principes actifs de ces filtrats ont la propriété de stimuler efficacement les enzymes de la plante responsables de l'absorption de certains minéraux. Ainsi, la Nitrate Réductase, responsable de l'absorption du nitrate, est stimulée par ces filtrats.

On observe également un effet stimulateur des enzymes Phosphatases racinaires impliquées dans l'absorption du phosphate. L'activation de ce type d'enzymes permettra ensuite une multitude d'effets en aval dans la plante, constaté notamment par une augmentation de la teneur en chlorophylle des plants. Ces résultats apportent un éclairage

nouveau et permettent d'avancer de premières explications sur le mode d'action des Filtrats d'algues Goëmar.

Mots-clés : extraits d'algues, Filtrats d'algues Goëmar, éliciteurs, effets physiologiques, effet physioactivateur, azote, phosphore.

Summary

THE PRIMARY PHYSIO-ACTIVATORS OF A MARINE ALGA EXTRACT

In this study, we investigated for the biological effects of algae filtrates developed by Goëmar Laboratories from *Ascophyllum nodosum*. The results show that these products induce the growth and nutrition of treated plants. The study of their mode of action of these products show that act as physio-activators.

Indeed, we observed that the active ingredients of these filtrates stimulate plant's enzymes involved in the absorption of some important mineral nutrients. These filtrates stimulate for instance the Nitrate Reductase and roots Phosphatases involved in Nitrate and Phosphate nutrition respectively. The stimulation of these enzymes will lead to a wide spectrum of effects in the plant, such as for instance an increase in chlorophyll content.

These new results shed light on the biological effect of the algae Filtrate of Goëmar Laboratories.