

PHYTOMA

La santé des végétaux

17€

RECHERCHE

ALLOMONES VÉGÉTALES
ET BIOCONTRÔLE p. 11

ALERTE

RÉSISTANCE AUX HERBICIDES :
LE RETOUR D'UN ÉRIGERON p. 35

EXPERTISE

ACCREDITATION COFRAC
ET SANTÉ VÉGÉTALE p. 40



Bonnes pratiques phytosanitaires en Jevi

Jardins, espaces verts,
infrastructures et forêts

- Évolutions réglementaires p.16
- Panorama du secteur p.21
- Piéger la processionnaire p.26
- L'ambroisie ? Les ambrosies ! p.30

Photo : Observatoire des ambrosies

RÉGLEMENTATION

Europe : glyphosate renouvelé p.4 Critères « perturbateurs endocriniens » fixés pour les biocides, approbations substances de base p.6 Prolongations, confirmation, non-renouvellement, non-approbations p.7

France : sulfoxaflor suspendu p.4 Nouvelles AMM p.8

Les allomones végétales quel rôle dans le biocontrôle ?

Les allomones végétales font partie des « substances naturelles » utilisables comme produits de biocontrôle. Avec des freins et des atouts.

 CATHERINE REGNAULT-ROGER*, D'APRÈS SA COMMUNICATION À LA JOURNÉE D'ÉTUDE DE L'AFPP SUR L'ÉCOLOGIE CHIMIQUE, À MONTPELLIER, LE 24 OCTOBRE 2017 *UPPA, Académie d'agriculture de France et Académie nationale de pharmacie.

Vu leur origine naturelle, et même biologique d'où leur biodégradabilité, les allomones végétales actives contre des bioagresseurs de plantes cultivées sont, *a priori*, des produits de biocontrôle. Voyons à quelles conditions.

Les allomones végétales, outils de la phytoprotection agricole

Du fond des âges jusqu'au XIX^e siècle

Dès la Haute Antiquité, comme le prouvent les tablettes sumériennes du troisième millénaire avant J.-C. et le Veda, livre sacré indien du quatrième millénaire avant J.-C. (Regnault-Roger et Philogène, 2008), les extraits végétaux riches en allomones ont été utilisés pour leurs propriétés thérapeutiques, biotiques et phytopharmaceutiques. Mais c'est au XIX^e siècle que la conjugaison de pratiques empiriques, d'observations scientifiques et des progrès de la chimie analytique a conduit au développement d'une première génération d'extraits végétaux pour le contrôle de ravageurs des cultures.

À cette époque, la nicotine du tabac (*Nicotiana tabacum*), le pyrèthre (extrait de plantes du genre *Chrysanthemum* spp.) et la roténone (extraite de papilionacées d'Amérique, *Lonchocarpus nicou* et du Japon, *Derris elliptica*) étaient largement utilisés comme insecticides. Des composés extraits de plantes tropicales du genre *Cassia* spp. (quassine) ou *Ryana* spp. (ryanodine) connaissaient moins de succès.

L'arrivée de la chimie de synthèse

Toutefois, à cette époque, les approvisionnements exigeaient de longs transports (ainsi, le pyrèthre utilisé aux États-Unis venait du Japon) avec souvent des livraisons irrégulières et des cargaisons en mauvais état. Les conditions de stockage étaient hétérogènes, sans parler des procédés d'extraction des substances actives, rudimentaires et aléatoires (Regnault-Roger, 2014).

De plus, les allomones les plus utilisées alors ont révélé, plus ou moins rapidement, des effets délétères pour l'être humain (neurotoxiques pour la nicotine, neuro-dégénératifs pour la roténone), ou encore une instabilité à la lumière (pyrèthre). C'est pourquoi à l'issue de la Seconde Guerre mondiale, au cours de



Photo : Pixabay

Extrait d'une plante du genre *Chrysanthemum*, le pyrèthre était déjà utilisé comme insecticide au XIX^e siècle.

laquelle un insecticide de synthèse, le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT), avait été employé avec profit contre les poux vecteurs de maladies, les pesticides organiques de synthèse ont aisément supplanté les molécules extraites des végétaux. Ils étaient plus efficaces, d'un emploi plus facile et semblaient plus sûrs, de surcroît, relativement bon marché.

Retour vers le végétal

Cependant, une utilisation mal maîtrisée de ces pesticides de synthèse et des effets non intentionnels inattendus ont suscité un regain d'intérêt dans les années 1970 pour des stratégies phytosanitaires alternatives. L'utilisation des allomones et extraits végétaux en fait partie. Depuis les années 1980-90, la

RÉSUMÉ

♦ **CONTEXTE** - Les allomones végétales, substances naturelles utilisées depuis des siècles empiriquement pour la défense des plantes, s'inscrivent aujourd'hui dans le biocontrôle. Un article précédent (*Phytoma* n° 708) les a définies et montré leur rôle dans les écosystèmes.

♦ **APPLICATIONS** - Cet article évoque les applications auxquelles elles ont donné lieu par le passé en matière de protection des plantes (nicotines, pyrèthre, roténone) et celles d'au-

jourd'hui (pyréthrines, extrait de neem dont les azadirachtines, huiles essentielles), en exposant les avantages (biodégradabilité), les limites (en termes, selon les cas, de disponibilité, de formulation, de régularité d'efficacité ou de toxicité) et le cadre réglementaire de leur utilisation.

♦ **MOTS-CLÉS** - Allomones végétales, substances naturelles, biocontrôle, extraits végétaux, huiles essentielles, extraction, formulation, réglementation.

recherche de nouveaux extraits végétaux et de molécules phytopharmaceutiques d'origine botanique s'est donc intensifiée en s'orientant dans deux directions :

- trouver de nouvelles ressources à partir de la valorisation de savoir-faire traditionnels et empiriques ou de la prospection des forêts tropicales primaires ou peu exploitées ; le genre *Swietenia* spp. (acajou) fait actuellement l'objet d'intenses recherches, les écorces, feuilles et fruits de ces arbres recélant des composés à effets anti-appétents ou régulateurs de croissance contre divers ravageurs (Arnason *et al.*, 2008 ; Krishnawati *et al.*, 2011) ;
- explorer et diversifier les usages des plantes et extraits déjà identifiés pour une activité antiparasitaire, comme les huiles essentielles connues pour leurs propriétés insecticides (Regnault-Roger, 1997) et/ou nématocides (Djian-Caporalino *et al.*, 2008).

Le neem, originaire de l'Inde

Aux allomones historiques déjà citées s'ajoutent des extraits végétaux plus complexes d'utilisation plus récente. Parmi les plus en vue actuellement : le neem extrait du margousier (*Azadirachta indica*), plante utilisée en Inde depuis longtemps et redécouverte avec les travaux de Schmutterer en 1959. Un extrait de neem contient plus d'une centaine de composés limonoïdes, dont les azadirachtines, salanines, nimbinines et leurs analogues. Les salanines et nimbinines sont anti-appétents, et les azadirachtines ont une activité d'inhibiteurs de croissance perturbant les mues de l'insecte.

Les azadirachtines furent longtemps considérées comme des bio-insecticides végétaux idéaux vu leur non-toxicité pour les mammifères et leur faible persistance (Regnault-Roger et Philogène, 2008). Mais aujourd'hui, les propriétés contraceptives du neem (utilisé en Inde contre la fertilité masculine) interpellent sur son usage vu le débat sur l'utilisation non maîtrisée de perturbateurs endocriniens dans divers secteurs (médecine, industrie agroalimentaire, etc.).

Les huiles essentielles

Présentes dans 17 500 espèces aromatiques appartenant à un nombre limité de familles (myrtacées, lauracées, lamiacées, astéracées), les huiles essentielles

se distinguent des autres huiles végétales par leur volatilité : elles sont constituées majoritairement de terpénoïdes légers qu'accompagnent des polyphénols de faible poids moléculaire.

La composition chimique de ces huiles est éminemment variable en raison de facteurs liés au végétal et son environnement (génétiques, physiologiques, pédologiques, climatiques) mais aussi analytiques (choix et performances des techniques d'extraction adoptées au laboratoire).

Malgré cette hétérogénéité de composition, les huiles essentielles sont, de par leurs propriétés, utilisées de longue date en pharmacie, parfumerie, industries agroalimentaires et chimiques, et plus récemment en phytopharmacie. En effet, la diversité de leur composition chimique leur confère un large éventail de propriétés neurotoxiques, répulsives, anti-appétentes sur les insectes (Regnault-Roger, 2008). Elles connaissent un succès commercial aux États-Unis, et l'approbation récente de plusieurs d'entre elles au niveau communautaire ouvre la porte à leur développement dans l'Union européenne.

Repères essentiels

La compréhension des phénomènes de médiation chimique dans les relations interspécifiques démontre toute l'importance des allomones végétales dans les équilibres des écosystèmes. Ces observations, qui résultent de nombreux travaux réalisés durant la deuxième moitié du XX^e siècle, donnent des repères essentiels pour l'orientation et les perspectives de leur emploi en phytoprotection agricole et pour déterminer les limites de cette stratégie phytosanitaire dans la protection des cultures.

Freins à une utilisation en phytoprotection agricole

Degré de pureté des allomones extraites

L'utilisation de ces substances végétales est inscrite aujourd'hui dans le cadre de la loi d'avenir pour l'agriculture de 2014. Toutefois, plusieurs facteurs limitent cette approche phytosanitaire.

Les extraits végétaux sont en effet des matrices complexes, hétérogènes. Ils contiennent quelques composés majoritaires (souvent de trois à cinq), et plusieurs autres (parfois plusieurs dizaines), pour certains à l'état de traces et dont on ignore le rôle dans l'efficacité recherchée. Cette hétérogénéité dépend de divers facteurs. L'état intrinsèque de la plante lors de sa récolte (maturité physiologique, organes prélevés) et les méthodes d'extraction (choix de solvants, de température, etc.) jouent un grand rôle dans la composition chimique de l'extrait obtenu.

Le degré de purification est à considérer tant sur le plan économique (coût des extractions chimiques) que de la nature des impuretés pouvant moduler l'activité du composé. Un extrait d'une plante n'est pas toujours identique à un autre extrait de la même plante, sous la même appellation. Il peut en résulter une variabilité d'efficacité du produit obtenu.

Activité observée et exigence d'innocuité

Il manque très souvent des données sur tous les composés identifiés au sein d'un extrait botanique. Or le composé majoritaire de l'extrait n'est pas toujours le plus actif sur le bioagresseur ciblé. À cela s'ajoute une

L'acajou contient des composés anti-appétents et régulateurs contre certains ravageurs.



forte variabilité dans la sensibilité des espèces à une même allomone. Pour un extrait végétal donné, les composés les plus actifs sur un bioagresseur ne sont pas forcément les plus actifs sur un autre.

Il faut aussi prendre en considération l'exigence d'innocuité pour les espèces non-cibles. Ce n'est pas parce qu'ils sont naturels que les extraits végétaux sont sans risque. S'ils ont des avantages écologiques indéniables grâce à leur biodégradabilité (ces substances ont en général de courtes demi-vies), la diversification des cibles physiologiques et biochimiques chez les bioagresseurs visés (limitant ou retardant l'apparition de phénomènes de résistance), et leur spécificité envers les espèces, certains peuvent cependant révéler des effets non intentionnels marqués.

Effets des huiles essentielles

Les huiles essentielles en sont la parfaite illustration. Si les DL50 de la plupart d'entre elles les classent comme des substances de très faible toxicité (ex. : citronnelle, lavande, eucalyptus, etc.), d'autres (basilic, estragon, origan) sont répertoriées nocives et certaines (ex. : boldo, cèdre, pennyroyal – mélange de *Mentha pulegium* et *Hedeoma pulegioides*) toxiques. Des symptômes sévères (hypersalivation, ataxie, hypothermie marquée) sont signalés chez des chiens et chats traités avec des médicaments vétérinaires à base d'huiles essentielles de gaulthérie couchée (*Gaultheria procumbens* ou wintergreen) ou de saffras, *alias* laurier des Iroquois (*Sassafras officinalis*). Les huiles essentielles de bergamote (*Citrus bergamia*) et d'angélique (*Angelica archangelica*) sont photosensibilisantes. Celle de *Malaleuca alternifolia* (arbre à thé ou tea tree) a provoqué des allergies cutanées, et celle d'hysope (*Hyssopus officinalis* L.) des crises d'épilepsie.

À ces effets sur les mammifères s'ajoutent des effets allélopathiques, soit bénéfiques, soit néfastes. Les huiles d'origan (*Origanum vulgare*) et de basilic (*Ocimum basilicum*) agissent contre le panic pied-de-coq (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.) et le chénopode blanc (*Chenopodium album* L.), deux adventices préoccupantes (effet positif), mais les huiles essentielles de tagète (*Tagetes minuta*) et du faux poivrier (*Schinus areira*) inhibent l'activité racinaire du maïs (effet négatif) (Regnault-Roger *et al.*, 2012).

Formulation : un besoin de qualité garantie

L'hétérogénéité et la variabilité de composition des extraits végétaux influent sur la qualité de la formulation commercialisée, qui doit être garantie, donc relativement standardisée et uniforme.

Les allomones végétales sont utilisées en formulations plus ou moins complexes intégrées à des coformulants et d'éventuels synergistes. La conservation de la formulation et son mode d'utilisation (poudre, solution) jouent aussi un rôle.

De façon générale, la qualité du produit sera jugée sur son efficacité et sa régularité d'effet. La teneur en substance active en est une clé importante. Cette teneur doit être stable, soit grâce à des dilutions si

excès, soit, si déficit, par ajout de matière active issue d'extraits plus concentrés ou de copie de la molécule synthétisée à l'identique.

La synthèse chimique de molécules actives identiques à celles trouvées dans la nature peut répondre à un approvisionnement inconstant ou une biodisponibilité aléatoire. Certaines spécialités à base d'huile essentielle d'eucalyptus citronnier (*Eucalyptus citriodora* Hook) contiennent ainsi du p-menthane-3,8 diol de synthèse car la production d'huile essentielle ne suffit pas à couvrir les besoins du marché.

Coût et disponibilité de la ressource

Les coûts de fabrication de ces formulations peuvent poser question. Le prix de la matière première et les conditions d'approvisionnement interviennent afin que ces biopesticides puissent rivaliser avec les pesticides organiques de synthèse aux coûts de fabrication souvent plus bas. La valorisation de sous-produits d'autres industries (parfumerie, cosmétique, agroalimentaire) peut permettre de répondre à cette exigence.

Une autre question est celle de la disponibilité de la ressource. Le respect de la biodiversité dans l'environnement exige de tenir compte de l'abondance de la matière première et son accessibilité. Une production industrielle de biopesticides végétaux doit répondre à la demande par un approvisionnement constant, abondant et facilement renouvelable en biomasse végétale.

Utiliser pour ces préparations industrielles des espèces à développement lent comme les arbres (sauf gestion de régénération forestière

bien conduite sur un pas de temps long), des espèces rares ou menacées, voire des espèces sauvages endémiques sur une aire restreinte, soulève une exigence éthique afin de ménager la biodiversité existante.

Une réglementation adaptée

Évolution récente

Les freins réglementaires ont souvent été évoqués pour expliquer le lent développement des produits de biocontrôle à base d'extraits végétaux sur le marché. C'est moins exact aujourd'hui, différents pays ayant assoupli les règles d'homologation de cette catégorie de produits (Regnault-Roger, 2014).

Il existe aux États-Unis une procédure d'exemption pour les matières actives végétales qui sont classées comme produits GRAS (Generally Regarded As Safe), elles sont de ce fait inscrites sur une liste d'exemption (liste « 25b Minimum Risk Pesticides »). Cela les dispense de la procédure d'homologation. Cette exemption est d'ailleurs utilisée comme un argument publicitaire pour promouvoir ces produits. Par exemple ceux de la gamme Eco Exempt, de la société EcoSmart Technologies Inc., renferment des huiles essentielles de romarin, menthe et gaulthérie couchée (wintergreen) et une huile minérale additionnée de vanilline.

Les principes actifs végétaux bénéficient également d'un assouplissement de l'actuelle réglementation européenne. Plusieurs composés ou extraits végé-



Ce n'est pas parce qu'ils sont naturels que les extraits végétaux sont sans risque. Les huiles essentielles en sont un bon exemple.

Utiliser pour ces préparations des espèces rares soulève une exigence éthique.

taux ont été inscrits sur la liste positive, l'annexe du règlement n° 540/2011 qui fixe la liste des substances actives phytopharmaceutiques approuvées dans l'Union européenne.

Par exemple, l'huile essentielle d'orange douce est autorisée comme insecticide sur des cultures légumières et fruitières, plantes ornementales, plantes à parfum, aromatiques et médicinales (PPAM), le tabac et la vigne. Les insectes visés sont des aleurodes, cicadelles et thrips. L'huile essentielle de menthe verte est utilisée pour inhiber la germination des pommes de terre, celle de girofle contre les maladies de conservation des pommes et des poires.

Dérogations du biocontrôle

Toutefois l'inscription d'une substance sur cette liste positive européenne ne signifie pas qu'elle sera automatiquement autorisée dans un État membre, les AMM des spécialités renfermant cette substance étant délivrées à ce niveau. En France, depuis juillet 2015, l'examen de ces dossiers est confié à l'Anses qui joue ainsi un double rôle : évaluation du produit et prise de décision d'autorisation. La dernière liste des produits de biocontrôle autorisés en France mentionne plusieurs substances naturelles d'origine végétale (DGAL, 2017).

Si les réglementations ont été adaptées aux spécificités des produits de biocontrôle, il faudrait néanmoins que soit respectée la cohérence des principes qui guident la réglementation générale appliquée à tous les produits phytopharmaceutiques.

Ainsi, il est surprenant de constater que des dérogations ont été délivrées récemment pour l'utilisation de certains produits de biocontrôle contenant des allomones végétales connues pour être perturbateur endocrinien (azadirachtine). Le recours aux produits de biocontrôle est préconisé pour un meilleur respect des biocénoses et de l'environnement. Les dérogations pour des produits de biocontrôle accordées à des substances actives qui ne respecteraient pas toutes les exigences de sécurité sanitaire et environnementale de la réglementation phytopharmaceutique ne sont pas de mise, pour la crédibilité même de la démarche.

Varier et combiner

Un dernier élément à souligner est le respect des bonnes pratiques agricoles. En effet, malgré leur

biodégradabilité, les allomones végétales formulées ne doivent pas être utilisées de manière routinière et répétée. Il convient de respecter les bonnes pratiques agricoles afin de varier et combiner les stratégies de contrôle d'un bioagresseur défini. Faute de quoi, les mêmes phénomènes pervers que provoque l'utilisation systématique, soutenue et répétée d'un pesticide, qu'il soit de synthèse ou naturel, se produiront, particulièrement l'apparition de phénomènes de résistance chez les organismes-cibles.

Conclusion

De nombreuses étapes à respecter

Les propriétés intrinsèques des allomones végétales en font des composés de choix pour la protection des cultures dans le cadre d'une agriculture durable et de la diversification des approches phytosanitaires. Elles ont toute leur place dans une stratégie intégrée agroécologique combinant différentes technologies. Les formulations phytosanitaires à base d'allomones végétales

sont utilisables aussi bien dans le cadre de l'agriculture biologique que de l'agriculture conventionnelle ou raisonnée. La nature même de ces molécules les inscrit dans la démarche de biocontrôle fortement soutenue par les pouvoirs publics.

On constate cependant qu'il existe un long chemin entre l'observation d'une propriété d'intérêt d'une allomone et son application dans le domaine phytopharmaceutique.

De plus, le processus d'homologation de ces substances requiert de nombreuses étapes, tout comme les autres produits phytopharmaceutiques,

avec la difficulté liée au fait que les allomones végétales manifestent une variabilité marquée dans leur efficacité et qu'elles requièrent un approvisionnement constant qui n'est pas toujours assuré.

Cependant le pyrèthre, bioinsecticide phare de ce marché, aujourd'hui produit par les agricultures de pays tropicaux comme le Kenya, l'Équateur ou le Rwanda, démontre qu'il est possible d'occuper commercialement une place significative.

Développer en toute cohérence le marché des produits phytopharmaceutiques à base d'allomones végétales et d'extraits botaniques et diversifier les ressources exigent de poursuivre une démarche méthodologique scientifique rigoureuse, s'appuyant sur l'avancée des connaissances afin de promouvoir une agriculture agroécologique, scientifique et technologique. □

Il s'agit de poursuivre une démarche méthodologique scientifique rigoureuse.

POUR EN SAVOIR PLUS

CONTACT :
catherine.regnault-roger@univ-pau.fr

LIEN UTILE :
www.academie-agriculture.fr

BIBLIOGRAPHIE : - Arnason J. T., Durst T., Philogène B. J. R., 2008, Prospection d'insecticides phytochimiques de plantes tempérées et tropicales communes ou rares. In: Regnault-Roger C., Philogène B. J. R. and Vincent C. (coord) *Biopesticides d'origine Végétale*, 2^{ème} édition, Lavoisier, Paris, 87-100.

- DGAL (Direction générale de l'alimentation) 2016, Note de service DGAL/SDQSPV/2016-853. 03/11/2016.

- Djian-Caporalino C., Bougy G., Cayrol J. C., 2008, Plantes nématocides et plantes résistantes aux nématodes In: Regnault-Roger C., Philogène B. J. R. and Vincent C. (coord), *Biopesticides d'origine végétale*, 2^{ème} édition, Lavoisier, Paris, 125-186.

- Krisnawati H., Kallio M., Kanninen M., 2011, *Swietenia macrophylla* King: ecology, silviculture and productivity. CIFOR, Bogor, Indonesia, p. 24.

- Regnault Roger C., 1997, The potential of botanical essentials oils for insect pest control. *Integr Pest Manag. Rev.*, 2 : 1-10.

- Regnault-Roger C., 2008, Recherche de nouveaux biopesticides d'origine végétale à caractère insecticides : démarche méthodologique et application aux plantes aromatiques méditerranéennes. In : Regnault-Roger C., Philogène B. J. R. and Vincent C. (coord), *Biopesticides d'origine végétale*, 2^{ème} édition, Lavoisier, Paris, France, p. 25-50.

- Regnault Roger C., 2014, Produits de

protection des plantes : innovation et sécurité pour l'agriculture durable, éditions Lavoisier, 318 p.

- Regnault-Roger C., Philogène, B. J. R. (2008), Past and current prospects for the use of botanicals and plant allelochemicals in integrated pest management, *Pharmaceutical Biology*, 46, 41-51.

- Regnault-Roger C., Vincent C., Arnason J. T., 2012, Essential oils in insect control : Low-risk products in a high-stakes world, *Annual Review of Entomology*, 57, 405-424.