

9. *Perspectives*

- 1 Evaluation de la résistance variétale et des traitements de semences autorisés en Agriculture Biologique contre la carie commune du blé..... 2
- 2 Smartbiocontrol : un projet aux perspectives encourageantes 7
- 3 Le suivi de la lixiviation dans le sol des produits de protection des plantes 10

1 Evaluation de la résistance variétale et des traitements de semences autorisés en Agriculture Biologique contre la carie commune du blé

D. Eylenbosch¹, A. Chandelier², R. Meza¹, G. Jacquemin¹, B. Bataille²

Quasiment absente de nos campagnes depuis les années cinquante, la carie commune du blé refait actuellement son apparition dans quelques champs. Les causes ? L'augmentation des emblavements de céréales sans traitement de semences, notamment en agriculture biologique (AB) et le manque de moyens efficaces pour combattre cette maladie des semences en AB, mais également l'oubli de cette maladie, des dégâts qu'elle peut causer et des règles de base à respecter pour l'éviter. Quelques rappels s'imposent donc pour limiter son expansion et éviter les mauvaises surprises.

La carie du blé est une maladie cryptogamique des céréales qui se transmet principalement par la semence. Elle peut également se transmettre par le sol jusqu'à cinq années après une culture contaminée. La contamination a lieu entre la germination du grain et le stade deux feuilles, stade auquel la plante devient résistante. Dès que la plante est contaminée, il est trop tard pour agir. Le champignon va se développer discrètement au sein de la plante jusqu'au remplissage des grains. C'est à ce stade de développement de la culture que les symptômes les plus visibles apparaîtront : épis ébouriffés, grains immatures vert foncé et remplis d'une poudre noire (Figure 10.1). Une odeur caractéristique de poisson pourri ne laisse aucun doute sur la présence du champignon. La récolte est alors perdue car la présence de carie au sein des grains les rend impropres à la consommation humaine et animale. Si elle est fortement touchée, la récolte est donc vouée à être incinérée. Il suffit d'un épi carié sur 1000 pour que l'odeur soit perceptible, mais ceci n'est pas systématique.

L'influence sur la qualité de la récolte, le potentiel de contamination (un grain carié peut contenir jusqu'à neuf millions de spores), la rémanence de la maladie (les spores peuvent survivre jusqu'à cinq ans dans les sols et 12 ans sur des semences gardées au sec) et l'absence de solutions curatives en cours de culture, classent donc la carie parmi les maladies fongiques les plus redoutables. Si, malgré tout, la carie est si longtemps restée discrète, au point de se faire oublier, c'est grâce aux traitements de semences effectués systématiquement depuis les années 50, d'abord à l'aide de fongicides organo-mercuriques, et plus récemment avec des triazoles. Des méthodes de lutte alternatives sont également disponibles et sont actuellement étudiées au CRA-W, dans des essais de plein champ.

¹ CRA-W – Département Productions agricoles – Unité Productions végétales

² CRA-W – Département Sciences du Vivant – Unité Santé des Plantes & Forêts



Figure 10.1 – A gauche : grains sains. A droite : grains cariés. L’amidon des grains cariés a été remplacé par les spores du champignon, une poudre noire très fine qui a un potentiel de contamination très important si elle se retrouve sur des grains sains.

Deux espèces présentes en Wallonie

La carie du blé peut être causée par plusieurs espèces de champignon. Sur base des échantillons analysés par le CRA-W en 2020, au moins deux espèces sont présentes en Wallonie. Il s’agit de *Tilletia caries* et *Tilletia foetida*. Ces deux espèces sont également celles qui prédominent en France.

La résistance variétale comme moyen de lutte contre la carie

En l’absence de traitement de semences, une solution pour lutter efficacement contre la carie se trouve au sein de la diversité génétique des variétés de céréales. Il existe en effet des variétés plus ou moins tolérantes à la carie, un petit nombre d’entre elles étant totalement résistantes à certaines souches du champignon. Afin d’identifier les variétés pourvues de résistances au sein de la gamme variétale disponible en Belgique, un premier essai a été mis en place par le CRA-W dès l’automne 2019. Les semences de 31 variétés de froment d’hiver ont été inoculées avec le champignon et semées en pleine terre. Parmi ces variétés, celles utilisées comme références étaient deux variétés autrichiennes, Tilliko et Tillexus, connues pour leur résistance à la carie, et la variété Renan, connue pour sa forte sensibilité. Au terme de la culture, ces niveaux de résistance ont pu être confirmés et les autres variétés ont été classées en fonction de leur sensibilité. Le pourcentage de plantes touchées par la carie au sein des variétés étudiées était compris entre 0 et 90% (Figure 10.2). En plus des deux variétés résistantes déjà connues, une troisième, actuellement cultivée en Wallonie, a présenté un bon niveau de résistance (5% des épis atteints). Ces résultats encourageants doivent toutefois être confirmés par des essais complémentaires qui sont en cours, ce qui explique que le nom des variétés étudiées ne soit pas communiqué à ce stade.

9. Perspectives

Toutes les espèces de céréales n'ont pas la même sensibilité à la carie. L'avoine et l'orge sont connues pour leur bonne résistance à ce pathogène. Le seigle et le triticale seraient également moins sensibles que le froment. Un essai mis en place dès l'automne 2020 par le CRA-W évaluera la résistance de quelques variétés d'avoine d'hiver, de triticale, de seigle et d'épeautre.

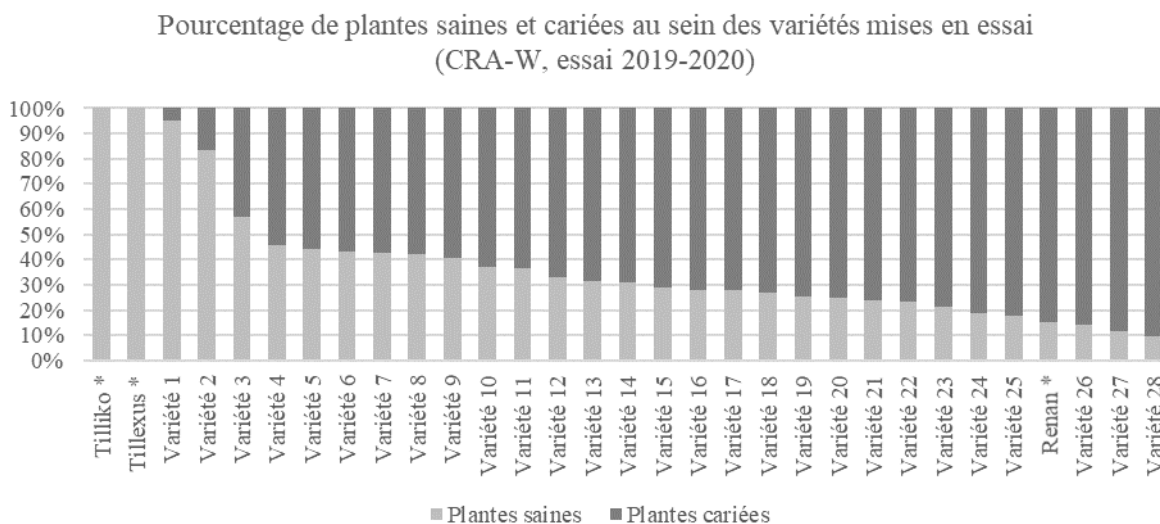


Figure 10.2 – Evaluation de la résistance variétale à la carie commune du blé sur 31 variétés de froment d'hiver. Résultats obtenus après contamination des semences et présentés en terme de pourcentage de plantes saines et cariées. Les variétés Tilliko, Tillexus et Renan ont été utilisées comme références dans l'essai (*).

Il existe aussi des solutions de traitement de semences en AB

Plusieurs solutions de traitement de semences existent en agriculture biologique mais aucune d'elles ne présente la même efficacité que les produits fongicides de synthèse. La prudence reste donc de mise et ces traitements doivent être utilisés en combinaison avec d'autres mesures prophylactiques afin de réduire la contamination par la carie à son minimum.

En premier lieu, il faut s'assurer d'utiliser des semences provenant d'un champ sain. Il faut ensuite nettoyer rigoureusement les semences au nettoyeur-séparateur. Si possible, les semences doivent être brossées. Les semences peuvent ensuite être traitées pour limiter autant que possible le risque de transmission de la carie. En cas de sol contaminé (AB), il est conseillé de ne pas revenir avec une céréale sensible avant au moins 5 années. Un labour la première année sera nécessaire pour enfouir les spores de carie en profondeur. Un travail superficiel sera effectué les 4 années suivantes pour ne pas remonter celles-ci à la surface.

Actuellement, un seul produit phytopharmaceutique est autorisé en Belgique contre la carie en AB. Il s'agit du Cerall®, produit contenant la bactérie *Pseudomonas chlororaphis*. Le vinaigre et la farine de moutarde sont également autorisés pour le traitement des semences en

AB car ce sont des substances de base issues de denrées alimentaires. L'efficacité de ces traitements de semences reste cependant aléatoire comme a pu le montrer l'essai mené par le CRA-W durant la saison 2019-2020 sur des semences de froment d'hiver (variété Renan) inoculées avec des spores de carie, traitées selon différentes modalités et semées en pleine terre. Parmi ces trois traitements autorisés en AB au niveau belge, la meilleure efficacité était obtenue avec la farine de moutarde, suivie du vinaigre (Figure 10.3). Le Cerall® arrivait en dernière position. Cependant, ces résultats ne portent que sur une année d'essai, sur des semences fortement contaminées, et ne concernent donc que cette situation. Une seconde année d'essai est en cours pour valider ceux-ci. L'essai 2019-2020 a également permis d'étudier un traitement de semences à base de cuivre qui a montré des résultats intéressants (équivalents à la farine de moutarde) mais pour lequel il n'y a actuellement pas d'autorisation en Belgique contre la carie. Notons qu'aucun de ces traitements « bio » n'a permis d'éradiquer la maladie sur les grains contaminés. Dans le meilleur des cas, 11 % des épis étaient cariés. La récolte était donc trop contaminée pour être consommée. L'utilisation de semences saines au semis reste donc la première règle pour éviter la propagation de la carie en AB. Le Redigo® (100 g/L prothioconazole), produit fongicide de synthèse utilisé comme référence dans l'essai, a par contre permis de réduire drastiquement la contamination (moins de 1 % des épis touchés).

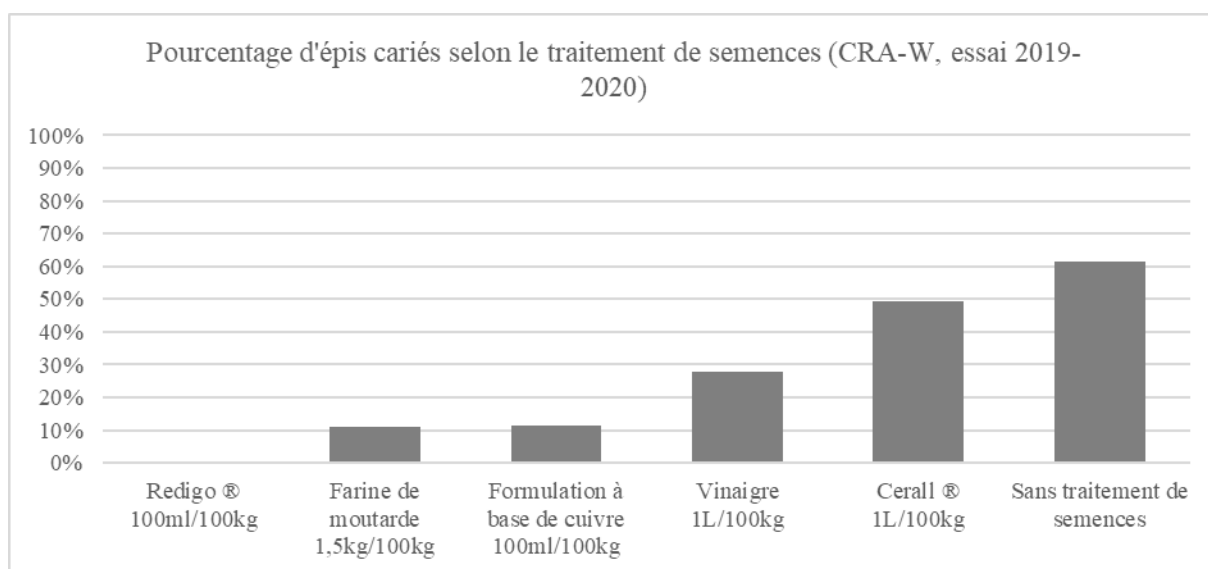


Figure 10.3 – Evaluation de l'efficacité de traitements de semences contre la carie commune du blé. Résultats obtenus après contamination de semences de froment d'hiver (variété Renan) et présentés en terme de pourcentage d'épis cariés. Le Redigo® (100g/L prothioconazole) a été utilisé comme produit fongicide de référence. La farine de moutarde, le vinaigre et le Cerall® (*Pseudomonas chlororaphis*) sont les trois traitements de semences autorisés en agriculture biologique en Belgique. La formulation à base de cuivre évaluée dans l'essai n'est actuellement pas autorisée en Belgique.

Comment éviter la propagation de la carie ?

En toutes circonstances, utiliser des semences saines et désinfectées !

Si des symptômes de carie sont visibles durant la culture :

- Récolter la parcelle en dernier lieu et limiter la puissance de battage pour éviter d'éclater les grains cariés et de disséminer les spores ;
- Nettoyer entièrement le matériel de récolte ;
- Détruire la récolte si elle est fortement contaminée (incinération) ;
- Ne pas utiliser la récolte comme semences !

Si la terre est contaminée par la carie (en AB) :

- Après la culture cariée, retarder le labour. Une partie des spores laissées à l'air libre sera ainsi détruite. Réaliser ensuite un labour profond pour enfuir les spores encore vivantes et ne travailler le sol que de manière superficielle les 4 années suivantes ;
- Eliminer les repousses de céréales ;
- Attendre au minimum 5 ans avant de revenir avec une céréale (sauf avoine) ;
- Choisir des céréales ou des variétés résistantes à la carie ;
- Eviter les semis tardifs qui ralentissent la levée et favorisent la contamination de la plante par le champignon ;
- Observer la culture pour ne pas être surpris par la présence de carie à la récolte.

Pour en savoir plus :

- Livre Blanc Céréales.be, La carie commune du blé (<https://www.livre-blanc-cereales.be/thematiques/maladies/froment/carie/>)
- ITAB, 2007. Cahier Technique Carie du Blé (http://itab.asso.fr/downloads/Fiches-techniques_culture/fiche-carie-mention-maj.pdf)
- ITAB, Gestion de la carie (<http://itab.asso.fr/activites/gestiondelacarie.php>)

2 Smartbiocontrol : un projet aux perspectives encourageantes

R. Meurs³, C. Bataille⁴, A. Siah, P. Jacques, R. Blanchard⁵, B. Dumont⁶

2.1 Présentation générale du projet

Après quatre années de recherche, le portefeuille de projets Interreg Smartbiocontrol, qui réunissait 26 partenaires issus de laboratoires universitaires, de centres de recherche ou de syndicat d'agriculteurs Flamands, Wallons et Français, vient de se clôturer. Smartbiocontrol était scindé en 5 projets :

- *Bioscreen* qui avait pour but de découvrir de nouveaux agents de biocontrôle et de développer une plateforme qui centraliserait les outils et protocoles permettant de caractériser leur mode d'action ;
- *Bioprod* axé sur l'optimisation des procédés de production, le développement de formulation et l'étude de la biodégradabilité des composés actifs ;
- *Biosens* orienté sur le développement de nouveaux capteurs pour détecter les agents de biocontrôle et les agents pathogènes au champ ;
- *Bioprotect* qui avait pour objectif de tester les différents produits disponibles ou en développement sur un grand nombre de pathosystèmes en serre et au champ, et d'étudier la perception des biopesticides par les acteurs de la filière ;
- *Biocomgest* dont le but était d'assurer la coordination et la communication de l'ensemble des projets.

³ CePiCO asbl – Centre Pilote wallon des Céréales et Oléo-Protéagineux – Subventionné par SPW- DGARNE

⁴ CRA-W – Dpt Sciences du Vivant – Unité Santé des Plantes & Forêts

⁵ ULiège – GxABT – Axe Plant Sciences – Phytotechnie – Production intégrée des céréales en Région Wallonne – Projet CePiCOP (DGARNE, du Service Public de Wallonie)

⁶ ULiège – Gx-ABT – Axe Plant Sciences – Phytotechnie

2.2 Résultats et perspectives en céréales

2.2.1 Recensement des produits de biocontrôle

Ce projet a permis de créer une base de données en ligne qui reprend la liste de tous les agents de biocontrôle actifs contre les maladies fongiques autorisés en Belgique et en France et leurs propriétés. Cette liste est disponible en ligne via le lien suivant :

<http://www.smartbiocontrol.eu/fr/agents-de-biocontrole/>

Actuellement, parmi les 129 agents de biocontrôle repris dans cette base de données, 30 sont autorisés en Belgique et 99 en France. **Le nombre d'agents de biocontrôle autorisés en céréales en Belgique est cependant actuellement limité**, mais la liste devrait s'étoffer dans les années futures. Les partenaires du projet Smartbiocontrol et les acteurs du Livre Blanc Céréales vont continuer de tester le potentiel de ces agents afin, dans leur mission de soutien à la profession, de fournir un conseil toujours plus étoffé sur ces nouveautés disponibles sur le marché.

2.2.2 Utilisation de lipopeptides contre la septoriose du blé : des résultats encourageants en serre

Parmi les agents testés, certaines formulations à base de lipopeptides produits par la bactérie *Bacillus subtilis* ont donné des résultats encourageants contre la septoriose du blé. Nous pouvons citer notamment des formulations associant **la mycosubtiline et la surfactine**. Appliquée à des stades de croissance un peu plus précoce (dès le stade 30 ou 31), **la surfactine** révèle un effet biostimulant, qui permet de stimuler les défenses immunitaires du froment contre l'agent pathogène. La **mycosubtiline** permet quant à elle de protéger efficacement les cultures contre les attaques de septoriose, et ce idéalement en application préventive (dès le stade 32). Pour être efficace, les schémas de protection reposent toutefois sur des applications qui demandent un traitement tous les 10 à 15 jours ; 4 à 5 passages sur la saison pourraient donc être nécessaires.

Différentes formulations incluant **la surfactine et la mycosubtiline** ont ainsi été testées en conditions contrôlées (serre). Lors de ces essais, les lipopeptides ont largement démontré leur efficacité pour lutter contre les attaques de l'agent pathogène responsable de la septoriose. Malheureusement, à ce stade, les résultats obtenus en conditions réelles n'ont pas été concluants.

Il ressort des essais menés que les éléments limitants le succès du biocontrôle avec ce type d'agent résident principalement dans le délai entre l'application et l'arrivée du pathogène ainsi que dans les conditions d'application du lipopeptide au champ. En effet, la rémanence du produit tel qu'il est formulé actuellement est relativement faible. Pour être efficace, celui-ci doit être appliqué dans une période de deux jours avant ou après l'arrivée du pathogène sur la plante. Un traitement trop précoce ou trop tardif ne donne pas les résultats escomptés. De

plus, il a été démontré que l'application du produit à l'aide d'un pulvérisateur ne permettait pas d'avoir un niveau de couverture de la plante suffisant et comparable au niveau obtenu lors des essais en serre : selon le stade de croissance des différences de couverture foliaire par le produit de 10 à 30 fois ont été observées. Un travail doit encore être mené pour améliorer le matériel ou la technique d'application au champ, et ce afin d'assurer une protection optimale des cultures.

En conclusion, les essais menés sur le potentiel des lipopeptides comme moyen de lutte contre la septoriose sont très encourageants mais un travail important doit encore être réalisé sur la méthode d'application du produit au champ et sur la formulation de ce dernier afin d'améliorer sa rémanence.

3 Le suivi de la lixiviation dans le sol des produits de protection des plantes

Ch. Vandenberghe⁷, A. Blondel⁸, J. Pierreux⁹, G. Colinet⁷, O. Pigeon⁸ et B. Dumont⁹

La préservation des eaux souterraines revêt en région wallonne une importance toute particulière, d'une part, parce qu'elles fournissent plus de 80 % de notre eau potable et d'autre part, parce qu'elles sont les sources de nos cours d'eau et assurent un débit permanent de ceux-ci.

Au cours de l'hiver, ces réservoirs aquifères sont « rechargés » par l'eau de pluie qui percole à travers le sol lorsque, à l'image d'une éponge imbibée d'eau, la terre est saturée d'eau. A l'inverse, en été, le sol étant plus sec, la pluie ne fait bien souvent que reconstituer l'humidité du sol sans pour autant induire une percolation en profondeur.

L'eau ne s'infiltrant pas très rapidement dans le sol et les aquifères étant souvent situés à plusieurs mètres, voire dizaines de mètres de profondeur, il faut plusieurs années pour que l'eau atteigne ces réservoirs souterrains.

L'agriculture occupant une place importante dans le paysage de la région wallonne, elle a logiquement un impact sur la qualité des eaux qui percolent à travers le sol.

Pour cibler les pratiques à risque, le suivi de la qualité des eaux souterraines n'est pas d'une grande aide puisqu'il ne révèle que la « moyenne » d'une multitude de pratiques effectuées en surface. D'autre part, vu le délai pour que l'eau atteigne les aquifères, le temps de réaction est bien souvent trop long.

Dès lors, pour préserver les eaux souterraines et l'agriculture, il est nécessaire de pouvoir déceler plus rapidement des pratiques qui peuvent dégrader la qualité de ces eaux. Concrètement, cela signifie qu'il faut pouvoir observer l'eau qui quitte la zone racinaire.

Pour atteindre cet objectif, une solution consiste à installer des lysimètres dans des parcelles cultivées. Ces lysimètres sont des tonneaux d'un mètre carré de section et de 1,5 mètres de hauteur, ouvert en leur sommet, rempli de sol et placé à deux mètres de profondeur, de sorte

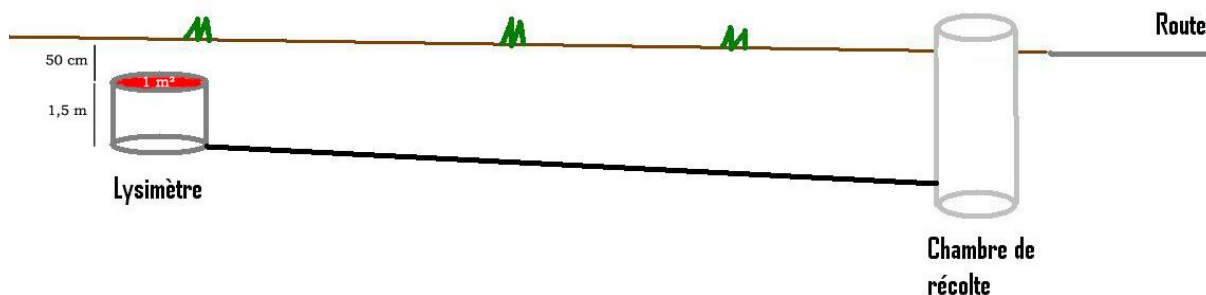
⁷ ULiège – Gx-ABT – Axe Echanges Eau-Sol-Plantes / GRENeRA

⁸ CRA-W – Département Connaissance et valorisation des produits – Unité Produits de Protection de Contrôle et Résidus

⁹ ULiège – Gx-ABT – Axe Plant Sciences – Phytotechnie

que la parcelle peut toujours être cultivée et son sol travaillé sans entrave.

L'eau qui percole dans le sol en hiver est collectée à la base de chaque lysimètre et conduite gravitairement par un tuyau en socarex jusque dans un réservoir placé dans une chambre de récolte en bordure de parcelle.



Quatre lysimètres de ce type ont été installés en 2003 dans des parcelles d'agriculteurs, en situation d'agriculture « réelle ». Quatre autres ont été installés en 2011, dans une parcelle de l'ULiege Gembloux Agro-Bio Tech afin de suivre l'impact du travail du sol (labour/non labour) et de la gestion des résidus (exportés ou maintenu sur site) sur les propriétés du sol, sur le rendement des récoltes et sur la lixiviation des intrants (azote et produits de protection des plantes).

D'un point de vue quantitatif, les lysimètres ont permis de mettre en évidence l'impact des années de sécheresse sur la recharge en eau des aquifères. Alors qu'une année « normale » permet d'apporter environ 200 mm d'eau dans l'aquifère (soit environ un quart de la pluviométrie), les hivers 2017-2018 et 2018-2019 n'ont engendré quasiment aucun flux d'eau dans les lysimètres ; le sol ayant été tellement asséché en été que la pluviométrie hivernale n'a pu que le ré-humidifier en profondeur sans le saturer en eau.

Les conditions climatiques de l'automne-hiver 2019-2020 (482 mm, d'octobre à mars) ont été plus propices à la collecte de volumes d'eau représentatifs dans plusieurs lysimètres.

Depuis 2017, une trentaine de matières actives différentes ont été appliquées sur chaque parcelle équipée d'un lysimètre. Au cours de ces trois années, les cultures suivantes étaient présentes sur ces sites : froment, betterave, pomme de terre, maïs, pois, haricot, fève, lin.

Les résultats des analyses d'eau réalisées par le CRA-W au cours de l'hiver 2019-2020 livrent à ce jour trois enseignements.

- **Primo, la grande majorité des matières actives apportées** sont dégradées par la lumière et par l'activité biologique du sol, de sorte qu'elles **ne se retrouvent pas dans l'eau** qui est récoltée à deux mètres de profondeur.

➤ Secundo, **quelques d'herbicides ou produits de dégradation (métabolites) sont néanmoins détectés dans l'eau :**

- un métabolite du S-métolachlore, matière active présente dans des produits tels que le Dual Gold ® et utilisée régulièrement sur des cultures de betterave ;
- un métabolite du métazachlore, matière active présente dans des produits tels que le Butisan ® et utilisée régulièrement sur des cultures de colza ;
- la bentazone présente dans des produits tels que le Basagran ® et utilisée régulièrement sur des cultures de pois, haricot ou fève.

Les pertes observées sont relativement faibles. A titre d'exemple, le métabolite du S-métolachlore observé à l'exutoire d'un des lysimètres fait suite à un traitement équivalent à 77 mg/m². La quantité de métabolite retrouvée dans l'eau correspond à une perte de 0,1 mg/m² ; soit un millième de la dose appliquée.

➤ Tertio, **le métabolite du chloridazon** (qui compose des produits tels que la Pyramine ® utilisés en culture de betterave) **est omniprésent dans l'eau**, à des concentrations parfois supérieures à la norme de potabilité. La prochaine interdiction de son usage n'est que logique.

Par ailleurs, deux expérimentations plus spécifiques ont été menées sur les parcelles de l'ULiège Gembloux Agro-Bio Tech. La première, relative au glyphosate, a mis en évidence que cette matière active et son métabolite se dégradent très rapidement dans le sol et ne migre pas vers la base des lysimètres. La seconde, qui s'intéressait à la bentazone, a révélé un très léger flux : 1/70.000ème de la dose appliquée a été retrouvée dans l'eau ; ce qui a représenté une concentration de 4 ng/l (un ng ou nanogramme correspond approximativement au poids d'un millième de grain de sable).

Cette étude illustre l'importance de ces lysimètres dans l'évaluation des produits de protection des plantes : ces observatoires permettent d'anticiper et donc de limiter l'impact d'une matière active (ou d'un usage inapproprié) sur la qualité de l'eau. A défaut, l'histoire de l'atrazine pourrait se répéter avec d'autres substances : interdite depuis plus de 15 ans, sa présence dans les eaux souterraines en concentration importante encore de nos jours continuera encore longtemps à entacher l'image de l'agriculture.

Nous remercions la Direction Générale Opérationnelle Agriculture, Ressource Naturelle et Environnement du Service Public de Wallonie (SPW-DGO3), Direction de la Recherche, pour son financement : projet D31-1384.