

# Agroécologie : attention aux promesses prématurées !

## II. Atténuer les pertes de rendements par le maintien d'une diversité d'adventices ?

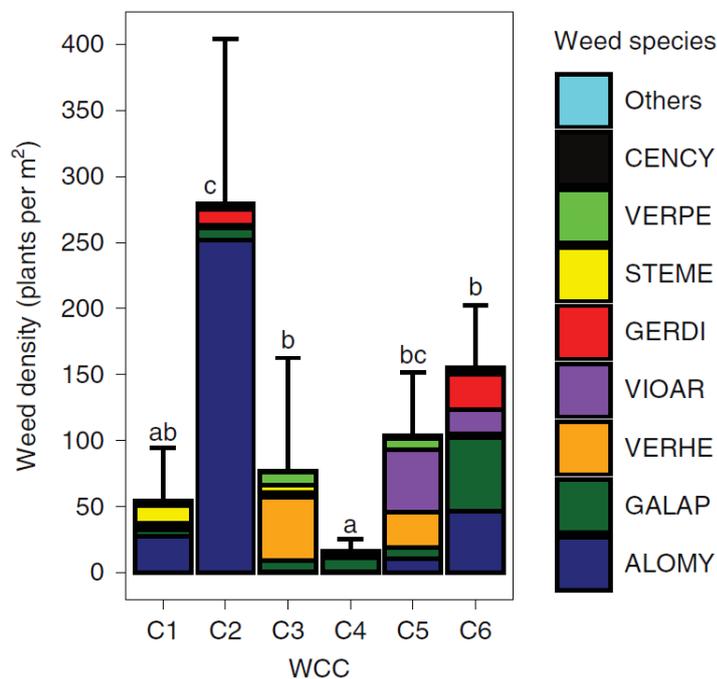
L'agroécologie est un des thèmes prioritaires de la recherche agronomique en France. Au-delà de son intérêt scientifique, les Français en attendent des solutions pour réduire rapidement l'impact environnemental de l'agriculture, et en particulier pour réduire, voire supprimer, l'emploi de pesticides. Un espoir actuellement déçu, et qui alimente l'« agribashing » que déplorent à juste titre les syndicats et organisations professionnelles agricoles. Mais les agriculteurs sont-ils vraiment responsables de cette situation ? N'y a-t-il pas des malentendus générés par des promesses prématurées de publications scientifiques excessivement médiatisées ?

Dans un article précédent<sup>1</sup>, nous avons vu l'exemple d'un article scientifique déclarant avoir observé un effet très important de la pollinisation des abeilles sur le rendement du colza, bénéfique qui serait réduit par l'emploi des pesticides. Pourtant, ces affirmations ne reposaient que sur des corrélations ne démontrant aucune causalité (et facilement explicables par d'autres raisons), et contredisaient les connaissances solidement établies en agriculture raisonnée. Cette publication était un exemple particulièrement clair des dangers d'utiliser en agronomie des méthodes statistiques issues de l'écologie, trop systémiques pour identifier clairement les liens de causalité entre les variables observées<sup>2</sup>.

Nous verrons ici un deuxième exemple portant sur la nuisibilité des adventices des céréales. Cette fois, l'étude agroécologique est beaucoup plus fouillée que dans l'exemple précédent, et a le mérite de confirmer, en les précisant, les connaissances déjà reconnues en agriculture raisonnée. Mais on retrouve les mêmes problèmes d'inversion probable de la cause et de l'effet, et donc les mêmes doutes, à ce stade, sur les perspectives d'application pratique pour les agriculteurs.

### Atténuer les pertes de rendements grâce à la diversité des adventices ?

C'est le titre (sans point d'interrogation) d'une publication récente de l'Unité Mixte de Recherche Agroécologie de Dijon<sup>3</sup>. Dans cette étude, les auteurs ont noté les adventices présentes dans des parcelles de céréales d'hiver (blé tendre essentiellement), et ont classé statistiquement les populations d'adventices en 6 communautés distinctes. D'après le communiqué de presse de l'INRA<sup>4</sup>, « Des chercheurs de l'Inra et de la Scuola Superiore Sant'Anna à Pise (Italie) ont démontré que toutes les communautés adventices - la flore spontanée des champs cultivés - ne génèrent pas de perte de rendement, même en situation d'absence de désherbage, et qu'une forte diversité d'adventices est associée à un risque plus faible de perte de rendement. Publiés dans la revue *Nature Sustainability*, ces résultats ouvrent des perspectives pour une gestion durable des adventices. ». **Cette étude est basée sur des comptages d'adventices très détaillés, réalisés sur plusieurs placettes dans des parcelles de céréales d'hiver (essentiellement du blé tendre), suivis d'analyses des composantes de rendement obtenues sur la culture dans chacune des placettes. Les auteurs ont ensuite classé statistiquement les populations d'adventices observées, ce qui les a conduits à distinguer 6 communautés d'adventices différentes :**



**Fig 1 de Adeux et al, 2019 : Densité moyenne d'adventices et composition des 6 communautés d'adventices identifiées dans les parcelles suivies (C1 à C6). Composition de la flore : ALOMY = vulpin des champs, GALAP = gaillet gratteron, VERHE = véronique feuille de lierre, VIOAR = pensée des champs, GERDI = géranium disséqué, STEME = stellaire, VERPE = véronique de Perse, CENCY = bleuet.**

Les chercheurs ont ensuite mis en relation ces 6 communautés avec les pertes de rendement constatées sur les placettes où elles sont présentes. Comme les parcelles suivies avaient des systèmes de désherbage différents (désherbage conventionnel par herbicides chimiques, ou désherbage par pratiques culturales seulement), cela leur permet également de distinguer l'impact sur le rendement de chaque communauté, dans deux modes systèmes de culture : désherbage conventionnel, .

**Les résultats concernant les parcelles en désherbage chimique sont simples et peu surprenants : aucune communauté n'y a un effet significatif sur le rendement ou sur l'une de ses composantes (nombre d'épis par plante, de grains par épi, ou poids de 1000 grains).** Tout l'intérêt de l'article repose sur les résultats des parcelles sans désherbage chimique. Les auteurs constatent en effet que, parmi ces communautés, seules 4 d'entre elles (C1, C2, C5 et C6) y provoquent des pertes significatives de rendement. Ils observent de plus des différences dans les mécanismes pénalisant le rendement :

- **Si toutes agissent sur le nombre d'épis par plante, et le nombre de grains par épi, ces effets sont particulièrement prononcés sur la C2, la plus nuisible de toutes (perte de rendement de 56% sur les parcelles sans désherbage chimique). La communauté C6 (-51% de rendement) est la seule qui ait un effet significatif sur le poids de 1000 grains.**
- **Les résultats les plus commentés par les auteurs sont ceux des communautés C3 et C4, qui ne provoquent pas de perte de rendement significatives** (il faut toutefois noter que dans la C4, la différence moyenne de rendement entre zones enherbées et non enherbées, bien que non significative, n'est pas négligeable pour un agriculteur : -8%).

De plus, les auteurs observent que la nuisibilité de chaque communauté n'est que peu corrélée avec sa densité de population moyenne : la C6 a une nuisibilité presque aussi forte que la C2, malgré une densité moyenne d'adventices nettement plus faible. De même, la C3 est de loin la moins nuisible (-3% de rendement, non significatif), malgré une densité moyenne proche de la C5 (-19%, hautement significatif). Ils observent par contre que la nuisibilité diminue quand l'équitabilité (indicateur écologique qui mesure l'équilibre entre les différentes espèces d'une communauté) est élevée. D'où

la conclusion des auteurs selon laquelle la diversité de la flore adventice permettrait d'atténuer sa nuisibilité.

## **Forces et faiblesses de l'étude**

Contrairement à l'étude passablement fantaisiste que nous avons analysée dans notre article précédent, **les auteurs ont ici mesuré, de façon très détaillée, tous les paramètres permettant de comprendre l'effet de la flore adventice sur la culture. Leurs résultats sont donc faciles à interpréter, et confrontables avec les connaissances classiques sur l'impact de la flore adventice, tout en apportant des connaissances nouvelles, du fait de s'être intéressé aux communautés d'adventices plutôt qu'à chaque espèce individuellement.**

En contrepartie, les défauts de la publication viennent de ses qualités : **en raison de la lourdeur des mesures nécessaires, le nombre de parcelles suivies est très réduit : 6 seulement.** Il n'est donc pas sûr que ces résultats soient généralisables, d'autant plus que la plupart de ces parcelles ne portaient que 2 communautés différentes sur leurs différentes placettes de mesure (cf Figure Supplémentaire 2). **Cette limite est d'autant plus gênante que, bien que l'étude ait été réalisée sur 3 ans, chaque parcelle n'a été observée qu'une fois :** un parti pris très surprenant, surtout quand on parle de communautés d'adventices. En effet, il est bien connu que les communautés d'adventices évoluent dans le temps en fonction de la rotation culturale, raison pour laquelle le désherbage doit être raisonné en fonction de la rotation, et non à l'échelle de l'année. Il est par ailleurs regrettable que les auteurs ne nous indiquent pour chaque parcelle que la culture précédente, et non la rotation globale qui y est pratiquée. De même, la Figure Supplémentaire 2 n'identifie pas les parcelles portant chaque communauté, ce qui empêche de voir s'il y a un lien entre la position de la culture suivie dans la rotation, et les communautés d'adventices qu'elle porte. On peut par exemple soupçonner que les communautés C3 et C4, les moins nuisibles, et presque indemnes de vulpin, sont présentes sur les parcelles dont le précédent est une culture dicotylédone (colza ou soja), ce qui laisserait craindre que le vulpin y réapparaisse rapidement dès l'année suivante, dans la 2<sup>ème</sup> céréale de la rotation. **Cela soulève la question essentielle, mais non éclaircie dans cette publication, de la stabilité dans le temps de ces communautés.**

## **Des résultats également explicables par la nuisibilité individuelle de chaque adventice**

Si l'intérêt de cette étude ne fait pas de doute, son interprétation prête beaucoup à discussion. En effet, les auteurs attribuent un rôle majeur à la diversité de la communauté d'adventice, et semblent considérer que leurs résultats remettent en cause les connaissances actuelles sur la nuisibilité individuelle de chaque adventice. Or ce n'est pas le cas, si on considère les règles actuelles de raisonnement du désherbage. **Parmi les espèces observées, le vulpin et le gaillet sont classiquement considérées comme de loin les plus nuisibles, car les plus compétitives avec le blé :**

- Le vulpin, parce qu'il a un cycle de vie très synchrone avec celui du blé, tout en ayant une levée plus rapide qui lui permet de prendre l'avantage en début de saison
- Le gaillet, malgré sa croissance plus lente, compensée par sa capacité à résister à l'étouffement par le blé en début de cycle, puis prendre l'avantage en fin de saison en dépassant la culture (comme le rappelle d'ailleurs la spectaculaire photographie du communiqué de presse INRA).

**Or on constate bien que les 4 communautés nuisibles sont celles qui comprennent une part significative de vulpin. Certes, la C6 est beaucoup plus nuisible que la C1, malgré une densité de**

**vulpins très proche, mais cela s'explique parfaitement par la forte présence supplémentaire de gaillet.** C'est d'ailleurs aussi la forte densité de gaillet, dont la nuisibilité se manifeste surtout en fin de cycle, qui explique sans doute que la C6 soit la seule communauté qui génère une baisse du poids de 1000 grains.

**Les différences de nuisibilité observées entre les communautés s'expliquent donc parfaitement par les densités des deux adventices réputées les plus nuisibles, qui sont le vulpin et le gaillet.** Certes, il y a aussi une corrélation avec l'équitabilité, l'explication privilégiée par les auteurs. Mais les figures 2a et 2b de l'article montrent bien que cette corrélation est assez médiocre. Et, en tout état de cause, elle reste nettement plus faible que la corrélation entre la biomasse globale des adventices et la nuisibilité exercée sur le blé (Figure 2c). L'interprétation des auteurs, selon laquelle la diversité de la flore adventice permettrait de réduire la nuisibilité est par ailleurs sérieusement battue en brèche par la comparaison entre la C4 et la C5. La C4, quasi mono-spécifique en gaillet, est pourtant une des moins nuisibles (-8%), grâce à sa faible densité d'adventices. Si la diversité permettait d'atténuer la nuisibilité comme l'annoncent les auteurs, la communauté C5, qui a une densité de gaillet très voisine, mais avec une flore plus diversifiée (essentiellement vulpin, véroniques et pensée) devrait être encore moins nuisible. Or ce n'est pas le cas (perte de rendement de 19%, hautement significative). Pourtant, à part le gaillet, aucune des adventices les plus présentes (véronique à feuille de lierre et pensée) n'y a atteint son seuil de nuisibilité individuel :

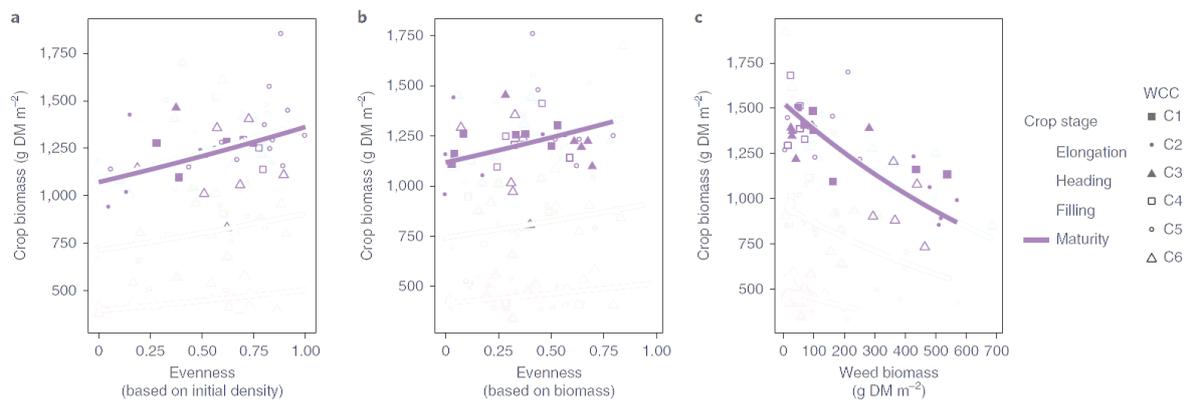
Gaillet	1.8
Folle avoine	5.3
Coquelicot	22.0
Matricaire	22.0
Ray-Grass	25.0
Vulpin	26.0
Stellaire	26.0
Véronique de Perse	26.0
Véronique F de L	44.0
Lamier	44.0
Myosotis	66.0
Pensée	133.0
Alchémille	133.0

**Seuils de traitement conseillés par Arvalis pour les principales adventices du blé, en pieds/m<sup>2</sup>**

(Source : <https://www.arvalis-infos.fr/quelle-est-la-nuisibilite-des-mauvaises-herbes-en-cereales-a-paille--@/view-17542-arvarticle.html> )

Sur cet exemple, on voit donc bien qu'en fait les nuisibilités des différentes espèces se sont ajoutées les unes aux autres, au lieu de se neutraliser mutuellement comme le suggère le titre de la publication. Tout au plus peut-on noter que, au vu des résultats présentés dans cette publication, certains seuils de nuisibilité pourraient être révisés à la marge.

Par ailleurs, quand on regarde les résultats globalement, et non communauté par communauté, on voit que la liaison entre équitabilité de la flore et rendement de la culture reste faible :



**Extraits de la Fig. 2 de Adeux et al : liaison entre équitabilité (evenness) de la flore et biomasse du blé (2a et 2b), et liaison entre biomasse de la flore adventice et biomasse du blé (2c). Pour faciliter la lecture, nous n'avons conservé que les mesures de biomasse du blé à maturité, qui sont les mieux corrélées au rendement grain. C1 à C6 : communautés d'adventices.**

On voit bien l'association entre forte équitabilité et fort rendement du blé, annoncée par les auteurs, dans les Fig. 2a et 2b. **Mais on constate aussi que cette tendance est sensible surtout en regroupant toutes les observations, beaucoup moins quand on l'examine par communauté par communauté. Et elle est de toute façon beaucoup moins marquée que la très classique liaison entre biomasse globale des adventives, et nuisibilité (Fig 2c).**

## Liaison équitabilité\*nuisibilité : où est l'effet, où est la cause ?

L'aspect le plus original de cette publication est de vouloir démontrer que la diversité de la flore adventice rendrait un service écosystémique à la culture, en contrariant l'installation des espèces les plus compétitives pour le blé (en l'occurrence, le vulpin et le gaillet). **Il est clair qu'il y a dans cette étude une corrélation négative entre l'équitabilité des différentes communautés d'adventices observées, et leur nuisibilité. Mais une corrélation ne démontre pas une causalité, et encore moins le sens de cette causalité.** Les adventices ne concurrencent pas que la culture : elles se concurrencent aussi entre elles. **Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que les communautés les plus diversifiées et équilibrées soient aussi les moins nuisibles : cela tient tout simplement au fait que les deux espèces les plus compétitives ne les ont pas (ou pas encore) envahies, ce qui permet au blé, mais aussi aux adventices secondaires, de se développer paisiblement.** Toute la question est de savoir si cet équilibre harmonieux persiste dans le temps. On sait bien que la flore adventice évolue rapidement d'une année à l'autre, en fonction de la rotation et des pratiques culturales. Or l'étude réalisée ici ne permet pas de suivre cette évolution, puisque chaque parcelle n'a été étudiée qu'une année. Rien ne nous dit que les communautés peu nuisibles C3 et C4 ne vont pas évoluer dès l'année suivante en une communauté plus nuisible. Certes, il s'agit d'une étude sur un site d'expérimentation à long terme, suivi depuis 2001. On peut donc supposer que la flore y est à peu près stabilisée à l'échelle du système de culture, et ne dérivera donc pas de façon excessive à l'horizon de quelques années. Mais dans ce cas cela signifie que les différentes communautés C1 à C6 alternent probablement entre elles sur chaque parcelle, en fonction de l'étape de la rotation. Il est décidément

regrettable que les auteurs n'aient pas donné plus d'information sur leurs rotations dans leur discussion.

## Parenthèse méthodologique

Malgré l'intérêt scientifique très réel de cette étude, on voit qu'elle soulève les problèmes méthodologiques déjà identifiés dans notre article précédent :

- **Une inversion probable de l'effet et de la cause** : l'analyse agroécologique, systémique (à l'échelle de la communauté d'adventices), et observationnelle (on fait des comptages sur l'écosystème parcellaire, sans chercher à le modifier) permet seulement d'identifier une corrélation entre forte équitabilité des communautés d'adventices et faible nuisibilité. Les auteurs en concluent que celle-ci est la conséquence de celle-là, mais rien ne prouve que la relation de causalité joue dans ce sens. En fait, il semble beaucoup plus probable que l'équitabilité soit elle-même la conséquence de la faible présence des deux espèces les plus envahissantes de la rotation suivie (vulpin et gaillet), ce qui permet à la fois aux adventices secondaires, et au blé, de prospérer. Malheureusement, rien ne prouve dans cette expérimentation, conduite sur une seule année pour chaque parcelle, que ces deux espèces ne prendront pas le dessus dès l'année suivante.
- **L'absence de confrontation avec les connaissances réductionnistes issues de l'agriculture raisonnée (ici, les études sur la nuisibilité individuelle de chaque espèce d'adventice)**. Or nous avons vu que cette approche réductionniste n'est en rien contredite par les résultats présentés, et même qu'elle explique mieux l'effet global de la biomasse d'adventices, et la différence de nuisibilité entre C4 et C5, que l'approche basée sur l'équitabilité. C'est d'autant plus regrettable que cette approche réductionniste aurait pu être facilement appliquée aux mêmes données, sans passer par la constitution de communautés : **il serait intéressant de construire un modèle multivarié expliquant la nuisibilité en fonction de la densité de chaque espèce d'adventice, et de comparer la performance de ce modèle multivarié à celles du modèle basé sur l'équitabilité des communautés**. De plus, les interactions entre ces variables permettraient de vérifier si les adventices secondaires sont en interaction positive avec celles du vulpin et du gaillet (hypothèse « classique ») ou en interaction négative (hypothèse des auteurs). Ce sera peut-être l'objet d'une publication future ?

Par ailleurs, cette publication pose un problème méthodologique qui lui est propre : **d'un point de vue écologique, il n'est pas très logique de mesurer une équitabilité de la flore adventice, sans y intégrer la densité ou la biomasse du blé. Cela revient à donner à la culture un statut à part, alors que, biologiquement parlant, elle n'est qu'une des espèces végétales présentes sur la parcelle, en concurrence avec les adventices, que le désherbage (qu'il soit chimique ou autre) essaie de favoriser**. Normalement, l'équitabilité permet d'évaluer si la concurrence intraspécifique est équilibrée. Elle n'a plus grand sens si on en exclut le blé, qui est l'espèce dominante par sa densité initiale, du fait du semis. Cette question rejoint celle du sens de causalité des corrélations observées. Logiquement, une forte équitabilité signifie qu'aucune espèce très compétitive n'a réussi à dominer les autres. Calculée uniquement sur les adventices, une forte équitabilité peut être simplement due au fait que l'espèce dominante était ici le blé, et que c'est elle qui a inhibé toutes les adventices ! Dans cette lecture, une forte équitabilité calculée en excluant la culture est simplement le signe d'une absence d'espèce plus dominante que le blé... et non d'un effet inhibiteur des espèces d'adventices les moins dynamiques.

## Quelles applications pratiques pour l'agriculteur ?

La conclusion des auteurs est que « des communautés diversifiées d'adventices limitent l'effet négatif des espèces compétitives et dominantes, en valorisant les services écosystémiques fournis par les espèces secondaires ». D'après le communiqué de presse de l'INRA, « ces résultats ouvrent des perspectives pour une gestion durable des adventices ». Pourquoi pas, mais lesquelles ?

**Le titre de la publication suggère de favoriser une forte diversité d'adventices pour empêcher le développement des espèces les plus dominantes, et donc les plus nuisibles pour le blé. La clé de voûte de ce raisonnement est la stabilité dans le temps (d'une année à l'autre) des communautés à forte équitabilité et faible nuisibilité.** Or rien dans cette étude n'indique que les communautés diversifiées n'évoluent pas rapidement, par envahissement des adventices les plus nuisibles. De fait, les propositions des auteurs sont assez prudentes et réalistes... et ne traduisent pas une confiance démesurée dans les supposés services écosystémiques rendus par les adventices mineures ! En effet, **ils s'orientent plutôt vers l'idée que les stratégies de désherbage devraient viser en priorité les adventices les plus compétitives, sans trop perturber le reste de la flore.** C'est un bon principe... mais qui est déjà appliqué de fait si on suit les seuils de traitement actuellement préconisés par Arvalis, où les seuils de traitement pour les adventices fréquentes mais peu envahissantes (alchemille, pensée, ...) sont tellement élevés qu'ils sont rarement atteints en pratique.

**Les auteurs font également remarquer que les techniques de désherbage actuelles ne permettent pas de cibler les espèces les plus compétitives, ce qui complique la mise en œuvre agroécologique du supposé service écosystémique assuré par les adventices secondaires. C'est vrai pour les techniques de désherbage mécanique... mais pas pour le désherbage chimique!** Dans le contexte cultural étudié ici, les deux espèces dangereuses sont le vulpin (la seule Graminée présente de manière significative), et le gaillet (une Dicotylédone). Or le premier peut être facilement éliminé par des anti-graminées foliaires, qui n'ont aucun effet sur les Dicotylédones. Pour le gaillet, il existe également des matières actives à action foliaire (par exemple le fluroxypyr ou le nicosulfuron), qui, sans être parfaitement spécifiques, n'ont qu'un impact faible sur les autres Dicotylédones (et nul sur les Graminées).

Nous nous trouvons donc face à un double paradoxe technique et réglementaire. Même si le service écosystémique invoqué par les auteurs (protection de la culture par les adventices secondaires) existe bien, ce qui reste à prouver :

- On ne voit pour l'instant aucune technique qui permettrait de l'exploiter dans une agriculture bio ou sans pesticide
- **La seule piste concrète actuelle pour renforcer ce service écosystémique serait l'emploi raisonné de deux désherbants chimiques spécifiques ! Cette idée n'a d'ailleurs rien d'aberrant d'un point de vue écologique, bien au contraire.** Ne lutter que contre le vulpin et le gaillet améliorerait la biodiversité des parcelles de céréales. De plus, comme les molécules anti-graminées et anti-gaillet ont de faibles doses d'emploi par hectare, cela réduirait les masses de matières actives employées, par rapport à un désherbage chimique complet. Mais c'est là qu'intervient l'aberration réglementaire. **Dans le suivi Ecophyto, des parcelles traitées suivant cette technique comptabiliseraient donc 2 IFT ou 2 NODU<sup>5</sup> de traitement, contre 1 seul pour un désherbant complet non ciblé, détruisant toute la flore adventice !**

Cet exemple illustre bien les impasses d'une opposition systématique entre l'agroécologie d'une part, et d'autre part les agricultures raisonnée ou intégrée, qui ne s'interdisent pas d'utiliser des

pesticides chimiques quand c'est judicieux. Si le service écosystémique fourni par les adventices mineures existe bien (ce qui rappelons-le, reste tout de même à démontrer), il existe d'ores et déjà une méthode simple utilisable par tous les agriculteurs pour l'exploiter, augmenter ainsi la biodiversité dans leurs parcelles, et réduire dans des proportions importantes la quantité totale de matière active herbicide utilisée dans les céréales. Mais comme cette méthode mobiliserait occasionnellement l'emploi de faibles quantités d'herbicides chimiques, elle n'est même pas envisagée par les auteurs. Et les agriculteurs qui l'emploieraient seraient considérés comme des mauvais élèves du plan Ecophyto, en raison des indicateurs inappropriés utilisés dans le suivi de ce plan ! **Comme pour l'interdiction programmée du glyphosate, qui compliquera gravement l'application des techniques culturales simplifiées, reconnues comme les plus favorables à la biodiversité des sols, on retrouve ici les effets pervers d'un refus dogmatique des pesticides de synthèse, même quand ils permettent d'orienter favorablement la biodiversité des parcelles agricoles.**

Philippe STOOP

Directeur Recherche & Innovation de la société iTK

Membre Correspondant de l'Académie d'Agriculture de France (AAF)

Le contenu de cet article n'engage que son auteur.

---

<sup>1</sup> <https://www.agriculture-environnement.fr/2020/01/23/agroecologie-attention-aux-promesses-prematurees>

<sup>2</sup> <https://www.agriculture-environnement.fr/storage/2020/01/agroecologie-attention-aux-promesses-prematurees.pdf>

<sup>3</sup> Adeux, G., Vieren, E., Carlesi, S., Bàrberi, P., Munier-Jolain, N., Cordeau, S., 2019. Mitigating crop yield losses through weed diversity. *Nature Sustainability* 2, 1018-1026.

[https://www.researchgate.net/publication/337185667\\_Mitigating\\_crop\\_yield\\_losses\\_through\\_weed\\_diversity](https://www.researchgate.net/publication/337185667_Mitigating_crop_yield_losses_through_weed_diversity)

<sup>4</sup> <https://www.inrae.fr/actualites/attenuer-pertes-rendements-maintien-dune-diversite-dadventices>

<sup>5</sup> Indicateurs de suivi du plan Ecophyto, qui mesurent le nombre de traitements appliqués, sans prendre en compte leur impact environnemental