

# CARACTÉRISATION DE L'ÉTAT DU SOL LES ADVENTICES SONT-ELLES (BIO)INDICATRICES?

« Les plantes ne poussent pas par hasard », « si elles sont présentes ici c'est qu'elles s'y plaisent », « elles nous indiquent quelque chose », et « elles poussent pour corriger des déséquilibres » engendrés par nos pratiques agronomiques. Vous qui cultivez, conseillez, enseignez ou simplement vous intéressez à ces formes d'agriculture qui regardent aujourd'hui le sol, sa biodiversité, son fonctionnement avec un intérêt marqué, vous avez déjà probablement entendu ces affirmations. Les adventices qui poussent dans nos champs sont-elles (bio)indicatrices? Quels sont les fondements scientifiques et les hypothèses qui sous-tendent ces affirmations? Existrent-ils des applications de ces théories mobilisables en agriculture? Avec quel degré de précision ces espèces nous permettent-elles de caractériser les sols et les pratiques agricoles? Ce dossier propose de faire le point sur l'état des connaissances en la matière.



« Alopecurus myosuroides », vulpin des champs, parcelle dominée sur l'arrière côte bourguignonne (Dezize-lès-Maranges, Saône-et-Loire le 05/05/2021).

## Conditions optimales de croissance

En parcourant les campagnes françaises, on pourra rapidement faire le constat que certaines espèces adventices sont

présentes dans de nombreuses parcelles (laiteron rude, stellaire intermédiaire, ray-grass d'Italie) alors que d'autres semblent plus spécifiques de certains sols (mouron femelle

sur pH basique, spergule des champs sur sable acide), de certaines cultures (datura stramoine dans les cultures de printemps ou d'été) ou de certains climats (fausse roquette dans

le Midi). Ces différences de répartition sur notre territoire s'expliquent ainsi par une réponse distincte des espèces au climat, au sol et aux interactions avec les plantes cultivées.

# TCS

Techniques Culturelles Simplifiées

LA REVUE SPÉCIALISTE DES AGRO-ÉCOLOGIES INNOVANTES



65€

Les couverts végétaux ce n'est pas la loterie. Pour les réussir cet été ; lisez TCS !



Abonnez-vous !  
www.agriculture-de-conservation.com



## BULLETIN D'ABONNEMENT

À adresser à Média et Agriculture - Service Abonnement - BP 90146 - 57004 METZ Cedex 1  
Tél. : 03 87 69 89 75 - abonnements@groupe-atc.com

- OUI, je m'abonne pour 1 an à TCS (5 n<sup>OS</sup>) au tarif de 65€ au lieu de 70€\*
- OUI, je m'abonne pour 1 an à TCS (5 n<sup>OS</sup>) + Cultivar (11 n<sup>OS</sup> dont 2 hors-séries) au tarif de 105€ au lieu de 186,50€\*

- Je règle par chèque à l'ordre de Média et Agriculture.
- Je souhaite recevoir une facture. (envoyée par e-mail uniquement)

Société : .....

Activité : .....

M.  Mme Nom : .....

Prénom : .....

Adresse : .....

Code postal : .....

Ville : .....

Téléphone : .....

E-mail : .....@.....

**Signature obligatoire :**

### Pour mieux vous connaître :

- 1 Date de naissance : \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_
- 2 Productions : .....
- 3 SAU : .....

\* Valeur au numéro (TVA 2,1 %). Vous pouvez acquérir chaque numéro de TCS au tarif de 14 €, chaque numéro de Cultivar au tarif de 8,50 € et ses hors-séries au prix de 20 €, frais de port en sus. Tarifs valables en France métropolitaine, Belgique, Luxembourg, Suisse. Pour l'étranger, nous consulter au +33 (0)3 87 69 89 75. Offre valable jusqu'au 31/12/2023. Les informations recueillies par la société Média et Agriculture ont pour finalité la gestion de votre abonnement et peuvent être utilisées à des fins de marketing direct. Conformément à loi « informatique et libertés » du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification des informations vous concernant et vous pouvez vous opposer à leur cession en écrivant à l'adresse d'envoi du bulletin. Si vous souhaitez recevoir des propositions de nos partenaires, cochez cette case.

Certaines espèces sont dites « spécialistes », d'autres « généralistes ».

L'ensemble des paramètres physico-chimiques (par exemple pH, température, richesse en nutriments) et biologiques (par exemple présence d'organismes pollinisateurs), nécessaires à la croissance et à la reproduction d'une plante, caractérise sa niche écologique. Cette notion permet de définir les conditions optimales de croissance et de reproduction d'une espèce (animale ou végétale). La figure 1 propose une représentation simplifiée de la niche écologique d'une espèce adventice en se basant sur ses préférences écologiques selon deux paramètres: pH et humidité du sol. La probabilité de trouver l'espèce est très forte dans la zone noire très sombre, importante dans la zone grisée et très faible à nulle

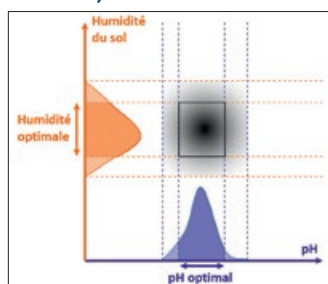
en dehors de l'intersection des plages optimales de pH et d'humidité. Mais il s'agit bien là de probabilité! Un désherbage très efficace pourra faire disparaître une espèce d'un milieu qui lui est a priori adapté. À l'inverse, une espèce pourra être observée de manière exceptionnelle dans un milieu qui lui est a priori écologiquement défavorable si elle est dispersée par le vent ou amenée par des engins agricoles ou des lots de semences insuffisamment épurés. Ainsi, la présence/absence d'une espèce permettra difficilement de caractériser l'état du milieu de manière fiable. Il faudra, a minima, calculer sa fréquence d'occurrence à travers des observations sur de nombreuses parcelles (pourcen-

tage de parcelles où l'espèce est observée) pour en déduire des probabilités de la rencontrer dans tel niveau de pH, telle humidité, telle richesse en nutriments, etc.

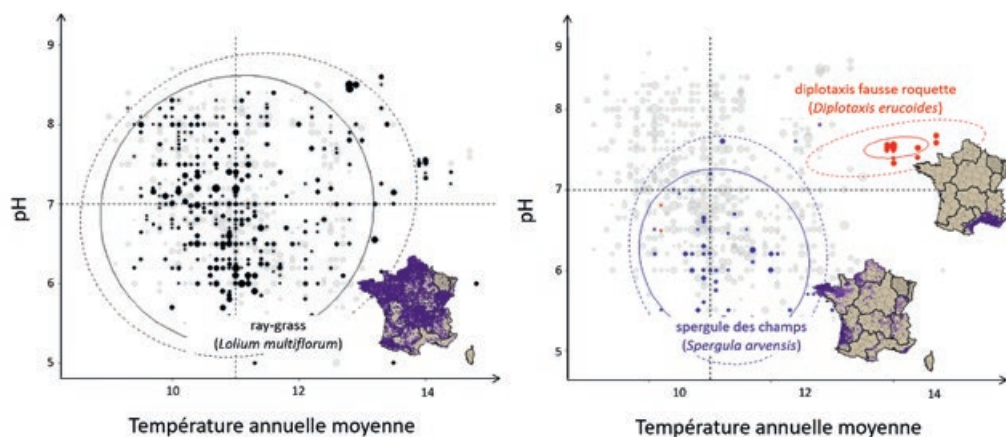
Le réseau Biovigilance Flore (Fried et al., 2007) offre la possibilité d'investiguer les préférences écologiques de nombreuses espèces adventices grâce à sa couverture spatiale importante (1 000 parcelles suivies entre 2002 et 2010 à travers la France). La figure 2 illustre la fréquence de trois espèces adventices à travers les gradients de pH et de température observés dans le réseau Biovigilance Flore. On voit ici que la niche écologique (c'est-à-dire l'espace occupé) du ray-grass d'Italie

(*Lolium multiflorum*) est bien plus grande que les niches écologiques de la spergule des champs (*Spergula arvensis*) et du diplotaxis fausse roquette (*Diploaxis erucoïdes*). On dira que le ray-grass d'Italie est une espèce ubiquiste ou généraliste, tandis que la spergule des champs et le diplotaxis fausse roquette sont des espèces plus spécialistes, du moins vis-à-vis de ces deux paramètres. La spergule des champs est fréquente sur sols acides (pH optimal autour de 6) sous influence océanique, alors que le diplotaxis fausse roquette se retrouve préférentiellement dans les sols basiques (pH optimal autour de 7,5) sous influence méditerranéenne. Les exigences vis-à-vis du pH semblent égale-

**FIGURE 1: REPRÉSENTATION SCHEMATIQUE DES PRÉFÉRENCES ÉCOLOGIQUES D'UNE ESPÈCE ADVENTICE QUI SE DÉVELOPPE PRÉFÉRENTIELLEMENT SUR DES SOLS À CERTAINS PH (ZONE BLEUE) ET À UNE CERTAINE HUMIDITÉ (ZONE ORANGE)**



**FIGURE 2: PRÉFÉRENCES ÉCOLOGIQUES DE TROIS ESPÈCES ADVENTICES EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE ANNUELLE ET DU PH DU SOL DES PARCELLES OÙ SONT OBSERVÉS LES INDIVIDUS DE L'ESPÈCE D'APRÈS LES DONNÉES BIOVIGILANCE FLORE (FRIED ET AL., 2007)**



Ray-grass d'Italie (*Lolium multiflorum*, points noirs), spergule des champs (*Spergula arvensis*, bleu) et diplotaxis fausse roquette (*Diploaxis erucoïdes*, rouge). Les points gris représentent la position des parcelles échantillonnées du réseau Biovigilance (où les espèces représentées n'ont pas été observées). Les ovales en trait pointillé et plein représentent des intervalles de confiance de probabilité de trouver l'espèce dans ces conditions.

SOURCE DES CARTES : [HTTPS://SIFLOIRE.FGBR.FR](https://sifloire.fgbr.fr)



**GRANGE**  
MACHINERY

**FISSURATEURS FAIBLE  
PERTURBATION**  
Gamme polyvalente

stecomat.com - 0553 980 110  
ejansingh@stecomat.com  
ZA Roubiague 47390 Layrac



ment plus strictes pour le diplo-taxis fausse roquette (amplitude entre 7 et 8) que pour la spergule des champs (amplitude entre 5 et 7,5). Il est impossible de conclure sur la valeur optimale du pH préférentiel du ray-grass d'Italie tant sa niche écologique est large et les possibilités de le trouver sur des sols à pH allant de 5,5 à 8,5 sont grandes.

## Quels caractères indicateurs pour quatre espèces adventices communes?

**L'ambroisie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia*) : présente sur une large gamme de milieux**

Cette espèce annuelle et invasive est très inféodée aux milieux perturbés. En France, l'espèce peut se développer avec succès dans des contextes pédologiques très variés (tableau 1, Fumanal et al., 2008). Globalement, elle peut aussi bien proliférer sur des sols extrêmement riches en matières organiques (zones de ma-

raîchage, vases d'étangs exondées) que dans des conditions stressantes et pauvres en nutriments (sables de bord de rivière, dunes de bord de mer). Son amplitude écologique vis-à-vis des paramètres de sol étant si large, il apparaît risqué d'interpréter sa présence dans les parcelles agricoles comme un signe de « stérilisation des sols » ou « d'une perte d'humus » (Ducерf, 2020). L'invasion de l'ambroisie à feuilles d'armoise semble plutôt associée à des pratiques de gestion telles que la culture du tournesol, pour laquelle l'efficacité des opérations de désherbage est réduite et/ou l'absence de gestion en interculture céréalière. Une fois introduite, la persistance des semences dans le sol (> 10 ans) lui assure de perdurer dans le milieu.

**Le vulpin des champs (*Alopecurus myosuroides*) : céréales d'hiver et désherbage chimique**

**TABLEAU 1 : ANALYSES DE SOLS OÙ L'AMBROISIE À FEUILLES D'ARMOISE A ÉTÉ OBSERVÉE SUR 48 SITES EN FRANCE AVEC LES VALEURS MINIMALES, MÉDIANES ET MAXIMALES OBSERVÉES POUR L'ENSEMBLE DES SOLS ÉTUDIÉS**

Variabes	Valeurs minimales	Valeurs maximales	Médiane
Argiles (%)	1,8	42,8	14,7
Limons (%)	0,8	64	23,8
Sables (%)	11,5	97,4	62,4
N (g/kg)	0,1	5,4	1,4
C/N	0,7	38,7	10,7
pH	4,1	8,6	7,7
Matière organique (%)	0,06	20,9	2,68
CaCO <sub>3</sub> (g/kg)	0,2	761	94,1

FUMANAL ET AL., 2008

Cette graminée annuelle à germination hivernale est aujourd'hui considérée comme une des adventices les plus problématiques des cultures de céréales d'hiver à paille des zones tempérées d'Europe. Exception faite des sols sableux, secs et trop acides, l'espèce est présente sur de très nombreux types de sols, avec une préférence pour les textures de type limono-argileuse. Sa description par Ducерf (2020) comme une espèce attestant d'« hydromorphisme »,

de forte compaction sur sols riches en bases, ne semble basée sur aucune référence scientifique et est incohérente avec les fortes densités observables sur les plateaux calcaires du Bassin parisien. Les fortes densités du vulpin des champs observées depuis les années 1960 semblent plutôt associées à la simplification des rotations autour de quelques cultures d'hiver (Stryckers et Delpute, 1965) et la sélection de gènes de résistance aux herbicides.

**TBOSS**

**STRIPCAT V2.1**

**BOSS**

**FERTILL V2**

**VBOSS**

**AGRISEM®**

**VOUS CHERCHEZ LA BONNE COMBINAISON ? NOUS AVONS DES SOLUTIONS SPÉCIALISTE DES TCS**

#YellowTeam

AGRISEM® 535 rue Pierre Levasseur - CS 60263 - 44158 ANCENIS - FRANCE  
+33 (0) 2 51 14 14 40 • www.agrisem.com • agrisem@agrisem.com  
AGRISEM Conservation Farming • "La Madeleine" • BOURNEL, 47210, FRANCE

### Le jonc des crapauds (*Juncus bufonius*): une stagnation d'eau hivernale

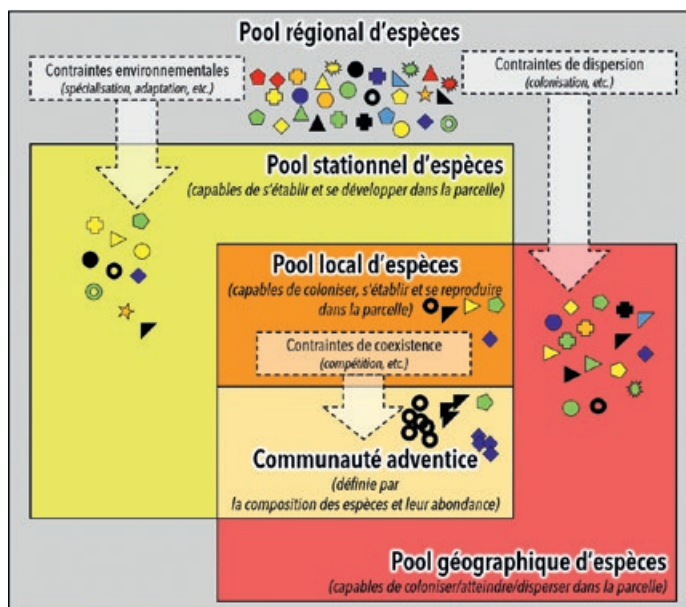
Décrit comme espèce des sols tassés et hydromorphes, le jonc des crapauds se retrouve sur les parcelles agricoles à texture limoneuse (ou limono-sableuse) présentant une stagnation d'eau en hiver (Mamarot et Rodriguez, 2018). Sa présence dans les passages de roue de tracteurs confirme ces préférences écologiques. Présent en quantité considérable dans les stocks de semences (20 000 graines/m<sup>2</sup> en moyenne, allant jusqu'à 150 000 graines/m<sup>2</sup> parfois), le jonc des crapauds est une espèce calcifuge que l'on ne rencontre qu'exceptionnellement en dehors de sa niche écologique fondamentale.

### Le séneçon vulgaire (*Senecio vulgaris*): une espèce généraliste

Le séneçon vulgaire est une des adventices les plus communes sur l'ensemble du territoire français. L'espèce se retrouve à travers une vaste gamme de types de sols et de niveaux de disponibilité en ressources. Sa forte production de semences

(plus de 5 000 semences par plante) disséminées par le vent lui confère la capacité de rapidement coloniser de nouveaux milieux ouverts (espèce pionnière). L'espèce est relativement indifférente à la culture en place: elle peut germer toute l'année et réaliser son cycle biologique en moins de trois mois. Son caractère indicateur de sols en excès d'azote ou en danger d'érosion (Ducurf, 2020) semble difficile à valider. Ces caractéristiques représentent également un avantage majeur pour tolérer des perturbations (travail du sol, herbicides...) fréquentes et intenses. De multiples types de résistances aux herbicides (groupe 5, 6, 7 et autres inhibiteurs de transport actif ou de la photosynthèse) ont également été rapportés chez le séneçon vulgaire. L'espèce reste néanmoins favorisée par les techniques culturales visant à limiter/arrêter le travail du sol (agriculture de conservation des sols), tout comme les nombreuses autres espèces d'astéracées à petites graines (lampsane commune, pissenlits, laiterson), graminées ou vivaces.

FIGURE 3 : CONSTITUTION D'UNE COMMUNAUTÉ ADVENTICE



Pour être présentes dans une communauté adventice donnée, les espèces devront être capables de coloniser une parcelle et être adaptées aux conditions pédoclimatiques et agronomiques locales.



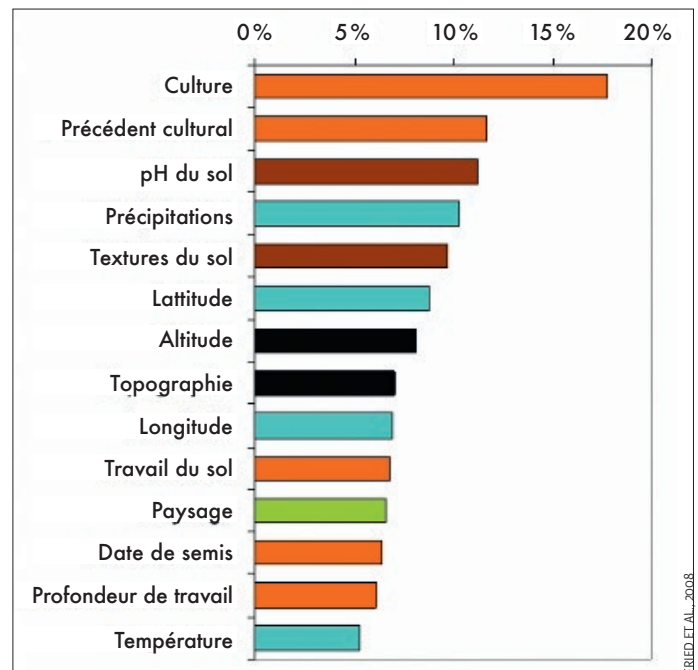
Si peu d'espèces adventices fréquemment observées dans les parcelles de nos jours sont spécialistes et que le caractère indicateur des espèces adventices spécialistes se limite à quelques paramètres pédoclimatiques généralement bien connus des agriculteurs (humidité, texture, pH, température...), cela signifie-t-il qu'observer les adventices des champs cultivés n'apporte aucune indication? Non, mais il faut prendre des précautions.

### Nécessité d'intégrer l'ensemble des espèces adventices présentes et l'importance des pratiques agricoles

Un diagnostic plus fiable des caractéristiques de la parcelle nécessitera d'intégrer l'ensemble des espèces adventices présentes et de donner plus de poids aux espèces abondantes (densité, recouvrement, biomasse) et/ou spécialistes. L'en-

semble des espèces adventices qui interagissent en un même endroit (la parcelle ou une zone dans la parcelle) se qualifie de communauté adventice. De nombreux facteurs (appelés filtres en écologie) expliquent pourquoi un très faible pourcentage des 1 400 espèces adventices présentes en France métropolitaine (Jauzein, 1995) se retrouve généralement ensemble dans une parcelle don-

FIGURE 4 : FACTEURS INFLUANT SUR LA COMPOSITION DE LA FLORE ADVENTICE (POURCENTAGE DE LA VARIABILITÉ EXPLIQUÉE PAR LE FACTEUR)



Code couleur : orange = facteurs agronomiques, bleu = facteurs climatiques, brun = facteurs pédologiques, vert = paysage, noir = divers

**CONCEPTEUR DE PIÈCES**  
**AFC**  
**AGRI FRANCE CARBURE**  
**FABRIQUE EN FRANCE**  
 ZA Auralis  
 La Maucarrière  
 79600 Tessonnière  
 Tél : 05 49 63 63 63  
 Fax : 05 49 63 63 64  
 afc@agrifrancecarbure.fr  
 www.agrifrancecarbure.fr

née (figure 3). Premièrement, une espèce devra être capable de coloniser la parcelle pour y être observée au moins une fois. La dispersion pourra être facilitée par des organes de dispersion (ornementation, aigrettes, soies, ailes) mais également par le biais des semences de culture insuffisamment épurées ou par les machines agricoles. Puis, l'espèce adventice devra être adaptée aux conditions pédoclimatiques (texture, pH, température, humidité...) et agronomiques (travail du sol, désherbage, fertilisation...) locales afin de germer, croître, fleurir et produire des semences viables. Effectivement, une fois germées, les adventices devront faire face à différents types de pratiques et à la compétition exercée par un couvert (culture, prairies et/ou couvert végétal), généralement fertilisé, parfois irrigué. De fait, les communautés adventices ne renseignent pas uniquement sur les conditions pédoclimatiques locales mais aussi, et surtout, sur les pratiques agricoles actuelles et passées (figure 4).

Certaines pratiques agricoles pourront agir directement sur les communautés adventices (par exemple le désherbage chimique) alors que d'autres auront un effet indirect, notamment à travers une modification des conditions du milieu. Un travail du sol pourra détruire les adventices en place (effet direct) mais pourra assécher l'horizon de surface, ce qui pourra être favorable à l'expression d'autres espèces (effet indirect). Autre exemple, la fertilisation peut stimuler la germination de certaines espèces adventices (effet direct) mais également favoriser l'expression d'autres espèces par une acidification du milieu (effet indirect). Il en résulte donc des relations complexes entre pratiques, conditions du milieu et pool local d'espèces adventices. De plus, certaines espèces adventices sont plutôt

**TABLEAU 2 : PART DE LA VARIATION DE LA DISTRIBUTION DES ESPÈCES ADVENTICES ET REPOUSSES DE CULTURES(\*) EXPLIQUÉE PAR LES PRATIQUES CULTURALES ET PAR LE MILIEU PHYSIQUE (SOL, CLIMAT)**

	Nom latin	Nom commun	Part de variation expliquée par	
			les pratiques	le milieu
Espèces dépendant surtout aux pratiques	<i>Chenopodium album</i>	Chénopode blanc	28,7	8,8
	<i>Solanum nigrum</i>	Morelle noire	25,4	5,9
	<i>Aphanes arvensis</i>	Alchémille des champs	25,1	7,3
	<i>Beta vulgaris*</i>	Repousses de betterave	19,7	2,2
	<i>Veronica hederifolia</i>	Véronique à feuilles de lierre	24,9	7,9
	<i>Triticum spp*</i>	Repousses de blé	16,5	2,0
	<i>Viola arvensis</i>	Pensée de champs	21,7	7,3
	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Panic pied-de-coq	30,2	16,2
	<i>Persicaria maculosa</i>	Renouée persicaire	17,6	3,7
	<i>Papaver rhoeas</i>	Coquelicot	20,0	7,5
	<i>Amaranthus retroflexus</i>	Amarante réfléchie	25,0	13,6
	<i>Cerastium glomeratum</i>	Céraiste aggloméré	22,6	12,3
	<i>Geranium dissectum</i>	Géranium disséqué	15,9	5,8
	<i>Brassica napus*</i>	Repousses de colza	16,3	6,6
<i>Hordeum vulgare*</i>	Repousses d'orge	13,7	4,3	
Espèces dépendant surtout au milieu	<i>Rumex obtusifolius</i>	Rumex à feuilles obtuses	9,9	20,8
	<i>Galeopsis tetrahit</i>	Chanvre bâtard	9,6	19,9
	<i>Trifolium pratense</i>	Trèfle commun	6,1	14,5
	<i>Ranunculus repens</i>	Renoncule rampante	7,0	15,0
	<i>Erodium cicutarium</i>	Bec-de-grue à feuilles de ciguë	3,2	11,1
	<i>Agrostis stolonifera</i>	Agrostide stolonifère	11,2	18,1
	<i>Spergula arvensis</i>	Spergule de champs	4,8	11,7
	<i>Gnaphalium uliginosum</i>	Gnaphale des marais	14,4	21,3
	<i>Equisetum arvense</i>	Prêle des champs	5,9	12,2
	<i>Paspalum dilatatum</i>	Millet bâtard	6,4	12,6
	<i>Rumex acetosella</i>	Petite oseille	7,4	13,6
	<i>Calystegia sepium</i>	Liseron des haies	14,7	20,7
	<i>Lipandra polysperma</i>	Chénopode polysperme	10,2	16,1
	<i>Setaria pumila</i>	Sétaire glauque	12,4	18,3
<i>Datura stramonium</i>	Datura stramoine	11,8	17,5	

influencées par les pratiques agricoles alors que d'autres le sont plutôt par les conditions pédoclimatiques (tableau 2). À noter que l'efficacité du désherbage chimique est telle qu'un relevé floristique après désherbage nous renseignera plus sur son spectre d'efficacité que sur la flore léguée par les pratiques passées. Une caractéristique des milieux cultivés est que seule une petite fraction du stock semencier (1 à 20 %) s'exprime chaque année (Barralis et al., 1988). Cela rend complexe l'étude de la flore adventice puisque le stock de semences peut agir comme un tampon dans la réponse des communautés aux pratiques agricoles. Une bonne caractérisation de la flore d'une parcelle nécessitera donc de multiples relevés dans le temps afin de capturer les différentes communautés adventices des dif-

férentes cultures de la rotation. Finalement, différentes espèces adventices morphologiquement similaires peuvent présenter des préférences écologiques différentes. Par exemple, les différentes espèces du genre *Geranium* ne présentent pas le même niveau de sensibilité à différents herbicides et les différentes espèces de mouron (*Lysimachia arvensis* – mouron des champs – sur sol acide à neutre, et *Lysimachia foemina* – mouron femelle – sur sol basique) ne présentent pas les mêmes affinités vis-à-vis du pH. De bonnes connaissances en botanique demeurent donc nécessaires. Une fois les différentes espèces nommées, les caractéristiques de la parcelle pourront être approchées à travers les caractéristiques biologiques des différentes espèces, disponibles dans diverses bases de données. Il faudra néanmoins garder en

tête, que ces caractéristiques sont des valeurs moyennes, dont l'amplitude peut varier selon les espèces (cf. partie sur la niche écologique).

### Outils disponibles pour caractériser les préférences écologiques des adventices

#### La classification des préférences écologiques d'Ellenberg (1974)

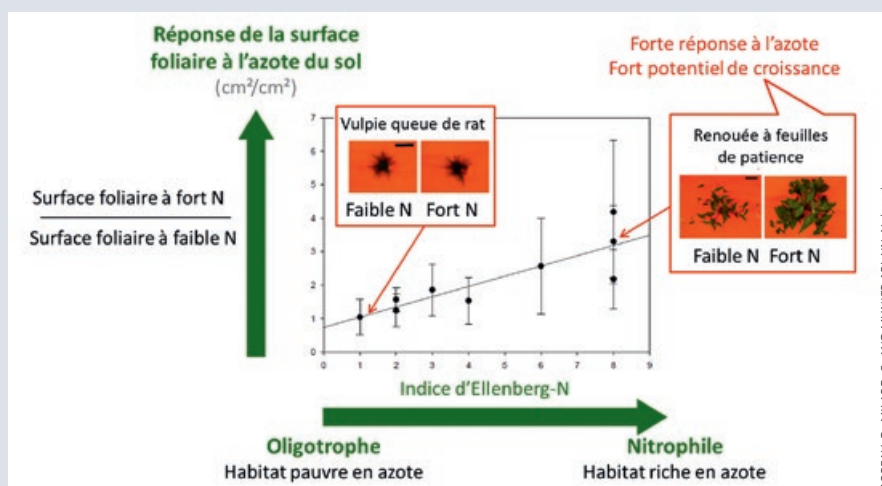
La classification d'Ellenberg, l'une des bases de données de préférences écologiques les plus couramment utilisées, retranscrit l'affinité des espèces à différents paramètres tels que la lumière (L), la température (T), le pH du sol (R), la disponibilité en azote (N), l'humidité (F)... selon une échelle établie à dire d'experts (Ellenberg est un botaniste et écologue allemand) et variant généralement de 1 à 9. En France, ces valeurs ont été adaptées par Julve (1998) et



## Comment peut-on définir une espèce nitrophile ?

Des travaux scientifiques démontrent que plus une espèce est nitrophile (selon Ellenberg), plus son potentiel de croissance aérienne est élevé et plus sa croissance dépend de la disponibilité en azote (Moreau et al., 2013; Moreau et al., 2014). En outre, une espèce nitrophile alloue moins de biomasse à ses racines (par rapport à la partie aérienne) mais chaque unité de racine est plus efficace à prélever l'azote du sol que pour des espèces non nitrophiles (oligotrophes). Ainsi, la forte capacité des espèces nitrophiles à prélever l'azote en situation de forte disponibilité permet une expansion rapide de leur surface foliaire. Cela leur confère ① une forte interception de lumière, donc une forte capacité de photosynthèse, et ② une forte capacité d'ombrage des plantes voisines moins nitrophiles. Elles apparaissent donc comme de très bonnes compétitrices pour la lumière. Cet indicateur de nitrophilie développé par Ellenberg (1974) n'existe que pour les plantes sauvages. Mais au regard de la réponse à la fertilisation azotée

FIGURE 5 : RÉPONSE DE LA SURFACE FOLIAIRE DE DIFFÉRENTES ESPÈCES ADVENTICES À LA DISPONIBILITÉ EN AZOTE



La vulpie, espèce non nitrophile (oligotrophe), ne modifie pas sa croissance alors que la renouée à feuilles de patience (espèce nitrophile) augmente sa surface foliaire en présence d'azote dans les sols et peut donc concurrencer les plantes voisines pour la lumière.

de plantes adventices et de cultures, ces travaux ont permis de calculer ces indices pour quelques cultures. Alors que l'indice d'Ellenberg varie de 1 à 9, le colza aurait un indice théorique de 12 quand le blé a un in-

dice théorique de 5. Ainsi, l'effet de la fertilisation sur la compétition adventice-culture dépendra largement de la nitrophilie relative de la culture et de la communauté adventice considérée.

sont disponibles dans la base de données baseflor notamment accessible par le site Tela Botanica. Dans le cas des communautés adventices, ce sont les indices Ellenberg-L, Ellenberg-F et Ellenberg-N qui sont les plus régulièrement utilisés.

L'affinité de différentes espèces adventices vis-à-vis de la disponibilité en azote est illustrée dans le tableau 3, à l'aide de l'indice Ellenberg-N. Les espèces dites « nitrophiles » (c'est-à-dire répondant positivement à la

disponibilité en azote, encadré et figure 5) présentent des valeurs comprises entre 7 et 9 alors que les espèces dites « oligotrophes » (c'est-à-dire ne répondant pas ou peu à la disponibilité en azote) présentent des valeurs comprises entre 1 et 3. Comme précisé précédemment, il s'agit là de préférences : la vulpie queue-de-rat n'est pas rare sur sols fertilisés, et le séneçon vulgaire est très commun sur l'ensemble du territoire. Néanmoins, Fried et al. (2007) ont pu mettre en évidence une

augmentation des espèces dites « nitrophiles » suite à l'intensification des pratiques de fertilisation minérale après 1950 (augmentation des quantités d'engrais azotés de x10 entre 1950 et 1990) en mobilisant cet indicateur.

La classification des types biologiques de Raunkiaer (1904) La classification des types biologiques de Raunkiaer, botaniste et écologue danois, est également couramment utilisée pour caractériser la réponse des communautés adventices au

TABLEAU 3 : EXEMPLES D'ESPÈCES ADVENTICES APPARTENANT AUX 9 NIVEAUX DE L'INDICE ELLENBERG-N

	Libellé	Exemple d'adventice
1	Site extrêmement non fertile	Vulpie queue-de-rat
2	Site extrêmement non fertile à plus ou moins fertile	Drave printanière
3	Site plus ou moins fertile	Lotier corniculé, crépide hérissée, brome mou, nigelle des champs, miroir de vénus, adonis d'été, linaria bâtarde
4	Site plus ou moins fertile à fertilité intermédiaire	Euphorbe fluette, géranium mou, laitue sauvage, picris fausse épervière, torilis des champs
5	Site à fertilité intermédiaire	Agrostide stolonifère, alchémille des champs, brome stérile, chiendent pied-de-poule, géranium disséqué
6	Site à fertilité intermédiaire à très fertile	Vulpin des champs, ambrosie à feuilles d'armoise, coquelicot, plantain majeur, picride fausse vipérine, rumex crépu, lampourde glouteron
7	Site très fertile	Fromental élevé, amarante réfléchie, cardamine hirsute, cirse des champs, chénopode blanc, chiendent rampant, fumeterre officinale, géranium fluet, lamier pourpre, ray-grass anglais, sétaire verte, laiteron rude, sorgho d'Alep, véronique de Perse
8	Site très fertile à extrêmement fertile	Cirse commun, panic pied-de-coq, gaillet gratteron, ray-grass d'Italie, pâturin annuel, séneçon vulgaire, stellaire intermédiaire, ortie brûlante
9	Site extrêmement fertile	Grande bardane, ortie dioïque, patience à feuilles obtuses

ELLENBERG (1974)

+ Simple  
+ Performant  
Précisément polyvalent !



**POLY'DOSEUR 2**  
Engrais  
Microgranulés  
Graines

[www.sepeba.fr](http://www.sepeba.fr)  
(33) 02 41 68 02 02  
info@sepeba.fr



**Votre solution double trémie**  
Pour semoirs à distribution centrale

niveau de perturbation du sol. Elle permet de distinguer les espèces annuelles, adaptées à des perturbations fréquentes, des différents types de vivaces attestant de milieux plus stables (par exemple prairies ou parcelles en agriculture de conservation des sols). Ces informations sont généralement disponibles dans les flores (par exemple Flora Gallica) ou sur les sites botaniques en ligne (par exemple baseflor sur Tela Botanica).

**IndVal, un indicateur simple et pratique pour identifier les espèces indicatrices d'une culture, d'un habitat particulier ou d'un groupe de parcelles avec des pratiques similaires (Dufrêne et Legendre, 1997)**

L'indicateur IndVal permet d'identifier les espèces indicatrices d'un milieu donné en combinant deux pourcentages : l'abondance relative et la fréquence relative (figure 6). Pre-

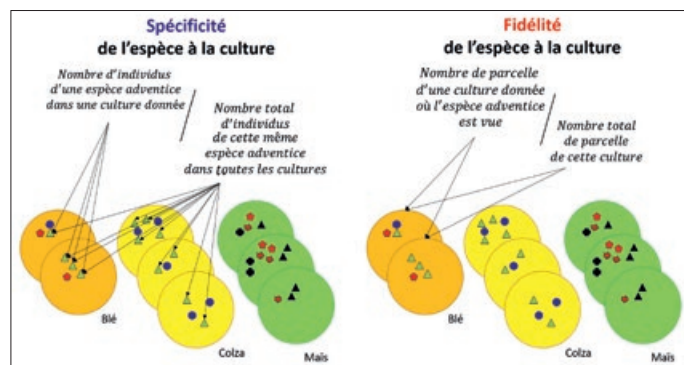
nons l'exemple du calcul de la valeur indicatrice d'une espèce pour la culture du blé. L'abondance relative (spécificité) correspond au nombre d'individus de l'espèce vus dans les parcelles de blé, au regard du nombre total d'individus de cette espèce vus dans les parcelles de toutes les cultures inventoriées. La fréquence relative (fidélité) correspond au nombre de parcelles de blé où l'espèce est vue, rapporté au nombre total de parcelles de blé inventoriées.

Une espèce sera dite « fidèle » à un milieu donné lorsque la probabilité de la retrouver dans ce même milieu est forte. Une espèce sera dite « spécifique » à un milieu donné si son abondance (densité, biomasse, pourcentage de recouvrement) se concentre dans ce même milieu. Par exemple, la valeur IndVal du vulpin des champs dans le blé est maximale si tous les individus de vulpin

sont vus uniquement dans le blé et dans toutes les parcelles du blé inventoriées. Dans la figure 6, l'espèce représentée en triangle vert est très fidèle au blé (car présente dans tous les blés) sans y être spécifique (car des individus sont observés dans le colza). Mobilisant cet indicateur, des

travaux scientifiques montrent que les espèces spécialistes du colza en 1970 ne sont plus les mêmes en 2000 : les neuf espèces les plus fréquentes en 2000 n'appartenaient pas à la liste des 26 les plus fréquentes en 1970 (par exemple le géranium disséqué, le laiteron rude ou le chénopode blanc)

**FIGURE 6 : SCHÉMA ILLUSTRATIF DE L'INDICATEUR INDVAL, PRENANT EN COMPTE LA SPÉCIFICITÉ ET LA FIDÉLITÉ D'UNE ESPÈCE À UN MILIEU DONNÉ (ICI LA CULTURE DU BLÉ)**



Dans cet exemple, l'espèce représentée par un triangle vert a une spécificité de  $4/12$  et une fidélité est de 1. Cela donne un indice IndVal de  $4/12 * 1 * 100 = 33$  (sur une échelle de 0 à 100). Se reporter au tableau 4 pour de véritables valeurs.



### Le seul semoir du marché à double disque incliné sur pivot

- Conçu pour le semis direct, rampe arrière ou ventrale, disponible de 3m à 8m
- Très faible perturbation du sol, sillon bien refermé, contact terre-graine optimal
- Le montage original sur pivot limite les contraintes latérales et les besoins de traction



Découvrez tous nos semoirs sur [www.weaving-machinery.net](http://www.weaving-machinery.net) // Contact : Eric De Wulf 06.07.06.63.78

et la stellaire intermédiaire, deuxième adventice la plus fréquente en colza en 1970, n'occupe plus que la 16<sup>e</sup> place dans les années 2000 (Fried et al., 2015).

Le tableau 4 recense les valeurs indicatrices de 30 espèces adventices vis-à-vis de quatre cultures emblématiques. Ces valeurs sont assez connues pour des systèmes avec travail du sol mais mériteraient d'être revisités dans des systèmes de culture où la perturbation mécanique du sol qui stimule les germinations au semis des cultures est moins présente, voire absente. Ces valeurs peuvent être utilisées pour investiguer a priori l'effet d'un changement de rotation sur la dynamique de certaines espèces adventices.

### Conclusion

La composition d'une communauté de plantes adventices et leurs densités relatives au mètre carré sont sans conteste le reflet de l'ensemble des conditions pédo-climatiques et de l'action de l'homme, ainsi que de certains processus aléatoires comme la dispersion. Le pédo-climat sélectionne en premier lieu un ensemble d'espèces potentielles qui seront ensuite à nouveau filtrées par l'action de l'homme (succession culturale, travail du sol, type de désherbage...).

Par leurs préférences écologiques très marquées, certaines

**TABLEAU 4 : VALEURS INDICATRICES (INDVAL) DE CERTAINES ESPÈCES ADVENTICES POUR QUATRE GROUPES DE CULTURES EMBLÉMATIQUES, D'APRÈS L'ANALYSE DES RELEVÉS FLORISTIQUES DU RÉSEAU BIOVIGILANCE-FLORE**

Plus la couleur est intense pour une culture donnée, plus l'espèce est indicatrice de cette même culture.

Nom Latin	Nom commun	Valeur IndVal selon la culture			
		Céréales d'hiver	Colza	Tournesol	Mais/Sorgho
<i>Poa annua</i>	Pâturin annuel	11,1	3,28	0,74	3,49
<i>Stellaria media</i>	Stellaire intermédiaire	10,7	2,93	0,39	7,27
<i>Veronica hederifolia</i>	Véronique à feuilles de lierre	14,8	3,52	0,00	0,07
<i>Veronica persica</i>	Véronique de Perse	7,89	4,20	0,77	1,90
<i>Anisantha sterilis</i>	Brome stérile	0,22	4,67	0,40	0,01
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Capselle bourse-à-pasteur	2,36	13,75	1,15	3,96
<i>Geranium dissectum</i>	Géranium disséqué	1,40	28,04	0,78	0,30
<i>Geranium molle</i>	Géranium mou	0,01	1,83	0,00	0,00
<i>Geranium rotundifolium</i>	Géranium à feuilles rondes	0,47	3,47	1,51	0,26
<i>Lapsana communis</i>	Lamspasane	1,61	4,55	0,83	0,31
<i>Lolium sp.</i>	Ray-grass	4,13	8,34	3,70	2,56
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Ambrosie à feuilles d'armoise	0,04	0,00	3,30	0,35
<i>Convolvulus arvensis</i>	Liseron des champs	0,18	0,78	11,93	10,02
<i>Cynodon dactylon</i>	Chiendent pied-de-poule	0,01	0,04	7,84	6,74
<i>Datura stramonium</i>	Datura stramoine	0,00	0,00	7,43	5,50
<i>Daucus carota</i>	Carotte sauvage	0,42	1,23	5,57	0,51
<i>Picris echioides</i>	Helminthie fausse vipérine	0,27	0,96	3,80	0,34
<i>Senecio vulgaris</i>	Séneçon vulgaire	6,23	5,38	11,00	4,31
<i>Sonchus asper</i>	Laiteron rude	0,34	6,77	7,35	5,50
<i>Agrostis stolonifera</i>	Agrostide stolonifère	0,04	0,06	0,08	3,82
<i>Amaranthus retroflexus</i>	Amarante réfléchie	0,02	0,08	16,13	18,93
<i>Calystegia sepium</i>	Liseron des haies	0,04	0,02	5,12	14,09
<i>Chenopodium album</i>	Chénopode blanc	0,22	1,84	16,34	24,38
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Panic pied-de-coq	0,00	0,02	14,25	31,06
<i>Plantago major</i>	Plantain majeur	0,01	0,07	2,00	4,62
<i>Persicaria lapathifolia</i>	Renouée à feuilles de patience	0,03	0,02	3,99	5,45
<i>Persicaria maculosa</i>	Renouée persicaire	0,11	0,74	10,83	11,87
<i>Rumex obtusifolius</i>	Rumex à feuilles obtuses	0,78	0,01	1,12	5,36
<i>Solanum nigrum</i>	Morelle noire	0,02	1,16	14,22	22,19
<i>Spergula arvensis</i>	Spergule des champs	0,09	0,00	0,00	4,30

espèces adventices peuvent, à elles seules, être de bonnes indicatrices (Montégut, 1984) mais seulement sur un nombre restreint de critères : certaines renoncules (*Ranunculus sardous*) pour leur préférence pour les milieux

humides, le peigne-de-Vénus (*Scandix pecten-veneris*) pour son affinité aux fortes teneurs en calcaire libre, le jonc des crapauds (*Juncus bufonius*) pour son affinité aux sols limoneux hydromorphes et la spergule des champs (*Spergula*

*arvensis*) pour son affinité aux sols sableux acides. Ces espèces sont souvent inconnues de beaucoup d'agriculteurs et ne sont pas parmi les espèces ciblées par les actions de désherbage comme le sont le ray-grass d'Italie (*Lolium multiflorum*), le



# Actisol

vous offre 1 200€ HT

Pour toute demande de devis via le formulaire contact **Terre-net** à valoir sur l'achat d'un **Stell'Air repliable** auprès de nos partenaires.



Offre valable jusqu'au **31 Juillet 2023**  
(délai de livraison 5 mois)

02 41 62 60 00 - <https://actisol-agri.fr/>





## Analyse critique de la méthode des plantes bio-indicatrices

**La notion de biotope primaire (milieu naturel de l'espèce): pas si simple à connaître**

Selon Ducerf (2020), les conditions écologiques du biotope primaire d'une espèce nous donnent des indications sur les conditions écologiques « favorables à sa prolifération dans le biotope secondaire », c'est-à-dire la parcelle cultivée dans ce qui nous concerne. Ainsi, l'ambrosie à feuilles d'armoise, qui « pousse naturellement dans les zones désertiques », indiquerait que la parcelle est « en voie de stérilisation » avec « la réduction des sols en poussière ». La réalité est en fait tout autre, comme indiqué plus haut dans ce dossier. Cette espèce annuelle peut se développer avec succès dans des conditions très variables, pouvant proliférer sur des sols extrêmement riches ou dans des conditions stressantes et pauvres en nutriments comme des sables de bord de rivière. Ces différentes populations se distingueraient-elles d'un point de vue génétique? Des recherches à l'échelle moléculaire sont nécessaires. D'autre part, par manque de

données, il reste très difficile d'identifier le biotope primaire de nombreuses espèces adventices, ou d'en identifier qu'un seul.

**Une vision très stricte de la notion de dormance et des facteurs de levée de dormance**  
La dormance, c'est le phénomène qui amène une graine à ne pas germer alors que les conditions environnementales pour la germination sont réunies (ou débourrement du bourgeon dans le cas des vivaces). Selon Ducerf (2020), les conditions de levée de dormance des espèces adventices sont extrêmement strictes, au point qu'il existerait autant de conditions de levée de dormance que d'espèces adventices. Ainsi, la germination d'une espèce donnée nous fournirait des informations précises sur différents paramètres du sol autour de la semence. Ainsi, la levée de dormance dépendrait de nombreux paramètres tels que « la géologie, le climat, l'hydrologie, la structure de la couche arable, la vie des bactéries du sol, les pratiques humaines présentes ou passées, l'environnement végétal » (Ducerf, 2020). Cela reste à démontrer scientifiquement pour certains

paramètres<sup>1</sup>. Selon la littérature scientifique, la levée de dormance serait essentiellement expliquée par quelques variables majeures, à savoir la teneur en oxygène/CO<sub>2</sub> et en eau du sol, la température du sol (variations diurnes), la lumière (besoin d'un flash lumineux pour les espèces dites « photosensibles » (50 % des adventices) et la qualité de la lumière), mais aussi le pH, les nitrates et quelques autres gaz contenus dans le sol.

**Non-prise en compte des effets aléatoires, des pratiques agricoles et de l'amplitude écologique des espèces**

La méthode des plantes bio-indicatrices ne considère pas qu'une espèce adventice peut se retrouver dans la parcelle par hasard. Or, nous avons vu précédemment que certaines espèces ont une forte capacité de colonisation (par exemple celles disséminées par le vent) ou que la colonisation pouvait être facilitée par des lots de semences insuffisamment épurés et/ou par le machinisme agricole. Une espèce peut être présente à un endroit, au moins temporairement, sans que ce soit son milieu de prédilection.

vulpin des champs (*Alopecurus myosuroides*), le gaillet gratteron (*Galium aparine*), etc. Par la connaissance des pré-

férences des espèces les plus spécialistes – dont la niche écologique est très étroite – il est possible de diagnostiquer

les tendances de pH, de texture, d'humidité, de richesse en nutriments, de salinité et de tassement des sols. Au-de-

là de ces critères, les connaissances scientifiques actuelles sont limitées et ne permettent pas, par exemple, de diagnosti-

**20 ANS**  
STRIP TILL

**DURO**  
FRANCE

28, rue de la Comte - Viabon  
28150 Eole-en-Beauce  
Tél 02 37 99 96 80  
Fax 02 37 99 10 81

**2 opérations, 1 seul passage**

**LA solution pour une levée réussie**

WWW.DURO-FRANCE.FR

+ Gain de TEMPS  
+ Gain d'ARGENT

La méthode n'intègre pas non plus l'effet direct des pratiques agricoles sur les communautés adventices. Les pratiques peuvent certes avoir un effet indirect sur la flore adventice par une modification du milieu (par exemple avec la fertilisation, le chaulage ou l'irrigation) mais également un effet direct. La dominance d'espèces tels que le brome stérile, le ray-grass d'Italie ou le vulpin des champs dans les systèmes céréaliers dominants semble plus expliquée par les rotations, les pratiques de désherbage et la sélection de résistances aux herbicides que par les conditions pédoclimatiques locales.

La méthode des plantes bio-indicatrices donne accès à une valeur bio-indicatrice par espèce sur certains critères (Ducerf, 2020) mais ces valeurs ne sont pas accompagnées d'une gamme de variation possible. Ainsi, la méthode néglige le fait que certaines espèces ont une amplitude écologique, c'est-à-dire une niche écologique plus ou moins étendue et qu'elles peuvent avoir des préférences écologiques larges sur certains critères, faisant d'elles des généralistes. La classification d'Ellenberg remédie en partie à cela en donnant une valeur « x » pour les paramètres

auxquels une espèce est peu sensible.

■ Quelle utilité comme outil de diagnostic ou pilotage de ma parcelle?

Sachant que les paramètres investigués sont soit bien connus des agriculteurs (pH, texture, humidité...) ou manquent d'appui scientifique (pollution aux métaux lourds, blocage des éléments...), il nous paraît raisonnable de questionner l'utilité de la méthode des plantes bio-indicatrices comme outil fiable de diagnostic ou pilotage des systèmes de culture. D'autant plus qu'une fois le diagnostic réalisé, les recommandations proposées semblent relever du bon sens agronomique (absence de travail du sol par temps humide, apports équilibrés de matières fertilisantes, limitation du surpâturage...).

■ Que signifie la dominance d'espèces adventices généralistes dans ma parcelle?

La dominance d'espèces généralistes dans les systèmes intensifs n'est pas le fruit du hasard. Les espèces généralistes partagent en réalité un ensemble de caractéristiques biologiques qui leur permettent d'échapper (ou de faire face) à l'intensité et la fréquence des perturbations et des stress rencontrés dans ces milieux intensifs. Voici les principaux :

- cycle biologique annuel et de courte durée;
- forte production de semences (généralement de petite taille) et forte persistance dans le stock semencier;
- germinations échelonnées au sein d'une saison et possibles à travers différentes saisons;
- tolérance ou résistance à différentes familles d'herbicides;
- forte plasticité phénotypique (c'est-à-dire que les espèces s'adaptent aux conditions du milieu);
- un investissement dans l'appareil végétatif plutôt que l'appareil racinaire (c'est-à-dire plutôt nitrophile et donc bon compétiteur pour la lumière).

(1) Pour valider certaines indications, il faudrait, comme nous l'avons exposé plus haut, réaliser des relevés floristiques conjointement à des analyses de sol précises sur de nombreuses parcelles. Les études existantes sur le sujet indiquent que la plupart des variations d'abondance des espèces adventices sont expliquées, au niveau du sol, par la texture, le pH, la teneur en calcaire, la capacité d'échange cationique, la teneur en N, K<sub>2</sub>O, MgO mais il n'existe aucune preuve de liens entre une espèce et la diversité microbienne, la matière organique d'origine végétale versus animale, le blocage de certains éléments...

quer une faible activité microbienne et/ou un blocage/excès de certains éléments du sol à travers les espèces présentes.

La « bio-indication » fournie par une communauté est beaucoup plus fiable et robuste que celle donnée par une espèce unique, d'autant plus lorsqu'on n'a comme information que sa présence. Mais, même avec la communauté adventice complète, il y a quelques précautions à garder en tête : mener une identification botanique précise et s'assurer qu'on a suffisamment de relevés de flore dans le temps ou à travers beaucoup de parcelles. À partir de ces relevés, un diagnostic sur les sols pourra être réalisé mais sera d'utilité limitée pour l'agriculteur, sachant que les valeurs de paramètres mis en exergue lui seront généralement bien connues (texture, pH, humidité du sol). Il est souvent plus intéressant d'établir un diagnostic sur les pratiques agricoles qui ont favorisé l'abondance de telles ou telles espèces de la communauté, car cela permet d'envisager de nouveaux leviers de gestion. Les espèces dites « généralistes », c'est-à-dire indiffé-

rentes à de nombreux paramètres pédoclimatiques, sont indicatrices d'une agriculture rythmée par des perturbations intenses, où l'adaptation aux conditions pédoclimatiques locales n'est pas le premier facteur de réussite du développement de l'espèce adventice.

**En résumé : les adventices des champs sont-elles indicatrices? Oui, mais elles ne le sont pas toutes avec la même précision. Les adventices les plus fréquentes, connues de tous, et particulièrement des agriculteurs, qui sont aussi les plus généralistes, ont un caractère indicateur souvent très faible : leur présence indique que le sol est riche en éléments nutritifs et qu'il est perturbé (mécaniquement ou chimiquement), ce qui correspond à des caractéristiques élémentaires d'un sol agricole. De nombreuses autres espèces adventices, souvent plus rares aujourd'hui, peuvent avoir un caractère indicateur plus fort d'une caractéristique du sol – d'autant plus lorsqu'elle est confirmée par l'observation de plusieurs espèces à l'échelle de la communauté adventice. Les ad-**

**ventices sont pour certaines plus indicatrices des pratiques que des sols en eux-mêmes, sachant que les pratiques ont des effets directs sur les adventices et indirectes par des modifications du sol. On note néanmoins que s'intéresser aux plantes bio-indicatrices permet un regain d'intérêt pour l'ensemble de la biodiversité végétale et sauvage (et pas que les quelques mauvaises herbes très problématiques), pour une meilleure connaissance des liens entre la flore adventice, le sol et les pratiques agricoles. Cette meilleure observation et com-**

**préhension de la biodiversité des communautés adventices des parcelles cultivées est une étape indispensable au développement de systèmes agroécologiques.**

**Stéphane CORDEAU<sup>1,5</sup>, Guillaume ADEUX<sup>1,5</sup>, Bruno CHAUVEL<sup>1,5</sup>, Simon GIULIANO<sup>3,5</sup>, Alain RODRIGUEZ<sup>4,5</sup>, Guillaume FRIED<sup>2</sup>**

- (1) Inrae, UMR Agroécologie.
- (2) Anses, Laboratoire de la Santé des Végétaux, Unité Entomologie et Botanique.
- (3) INP-Purpan, UMR Agir.
- (4) Acta Le Réseau des Instituts Techniques Agricoles.
- (5) RMT GAFAd - Gestion Agroécologique de la Flore Adventice.



**Comme l'environnement des parcelles agricoles est fortement aménagé afin d'obtenir une production spécifique, elles tendent logiquement à s'éloigner d'un environnement naturel. C'est pour cette raison que la bio-indication ne pourra rester qu'un complément d'information dans le diagnostic floristique. L'influence des pratiques culturales est de loin le premier déterminant établissant un équilibre subtil entre les éléments qui « invitent » et entretiennent les adventices généralistes, « cousines » des cultures dans une parcelle, et les pratiques qui tendent à en réduire l'occurrence et la nuisance. À ce niveau, l'ACS, comme le changement de rotation ou le passage en prairie, apporte une perturbation forte qui peut permettre de réduire la pression des adventices. Cependant cette action ne sera que ponctuelle puisque ce nouvel environnement favorisera inévitablement d'autres espèces mieux adaptées. Ainsi pour rester dans le contrôle, il convient avant tout de multiplier les stratégies positives de gestion (qui se multiplient plus qu'elles s'additionnent).**

**Frédéric THOMAS**

**agriculture-de-conservation.com**

est heureux de mettre à votre disposition cet article issu de la **revue TCS**.

La vocation du site est d'encourager le partage d'informations dans l'objectif d'assurer la promotion d'une agriculture vertueuse, productive et soucieuse de préserver les sols.

Dans cette optique, vous pouvez faire libre usage du contenu de cet article, le diffuser, l'utiliser à la condition d'indiquer son origine.

Merci de jouer le jeu !

Pour vous abonner à TCS :

[S'abonner en ligne](#)

