

**AFPP – VINGTIÈME CONFÉRENCE DU COLUMA
JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES
DIJON – 11 ET 12 DÉCEMBRE 2007**

**LE RESEAU « BIOVIGILANCE FLORE » :
PRESENTATION DU DISPOSITIF ET SYNTHÈSE DES PREMIERS RESULTATS**

G. FRIED ⁽¹⁾, X. REBOUD ⁽²⁾, J. GASQUEZ ⁽³⁾, M. DELOS ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽³⁾ UMR 1210 Biologie et Gestion des Adventices, INRA, ENESAD, UB,
17 rue Sully, BP 86510, F-21065 Dijon, France

⁽¹⁾ gfried@dijon.inra.fr, ⁽²⁾ reboud@dijon.inra.fr, ⁽³⁾ gasquez@dijon.inra.fr,

⁽⁴⁾ SRPV Midi-Pyrénées, Cité administrative. Bât. E. Boulevard Armand-Duportal, 31074
Toulouse, France marc.delos@agriculture.gouv.fr

RÉSUMÉ

Depuis 2002, un réseau de suivi annuel de la flore adventice en grandes cultures a été mis en place par le Service de la Protection des Végétaux avec environ 1000 parcelles réparties sur l'ensemble de la France (réseau « Biovigilance Flore »). L'objectif du réseau est de détecter et documenter tout changement de flore du à des modifications de pratiques culturales (produits phytosanitaires, cultures OGM, abandon du labour, etc.). Cette communication vise avant tout à présenter les objectifs suivis et le dispositif du réseau « Biovigilance Flore ». Quelques statistiques générales sont fournies sur les données récoltées. Différentes perspectives d'utilisation des données dans le cadre de la gestion des risques sont formulées.

Mots-clés : biodiversité, flore adventice, fréquence, densité, cartographie.

SUMMARY

'BIOVIGILANCE FLORE', A LONG-TERM FRENCH WEED SURVEY

Since 2002, a long term weed survey of about 1000 arable fields has been set up in France by the national Plant Protection Organisation (network "Biovigilance Flore"). The objective of this survey is to detect and document any change in weed flora due to modifications in cultivation methods (new herbicides, GMO crops, no-tillage systems, etc). This communication aims at presenting in details the objectives and the "Biovigilance Flore". Some very general statistics are provided on the collected data. Various prospects for use of the data in the risk management framework are also formulated.

Key words: biodiversity, arable weed, frequency, abundance, mapmaking.

INTRODUCTION

Depuis son avènement au Néolithique, l'agriculture a connu de nombreux changements dans les méthodes de production, dont le rythme s'est accru de manière exponentielle au cours des dernières décennies. La première révolution agricole des temps modernes, au XIX^{ème} siècle, a été caractérisée par le remplacement progressif de la jachère par des plantes sarclées ou fourragères (légumineuses), ce qui permis un doublement des productions végétales grâce à une meilleure gestion de la fertilité des sols. La révolution agricole contemporaine enclenchée dès le début du XX^{ème} siècle s'est considérablement accélérée au cours des 50 dernières années en s'appuyant sur la seconde révolution industrielle (motorisation, sélection variétale et chimie : engrais minéraux et produits de traitements) avec une nouvelle progression des rendements encore plus significative, évolution qui a permis de rendre une nourriture abondante et diversifiée accessible à toute la population. Plus récemment les avancées du génie génétique pourraient entraîner une nouvelle révolution des systèmes de culture basée sur l'utilisation de cultures génétiquement modifiées (GM).

Efficace sur le plan de la satisfaction des besoins élémentaires, la « révolution verte » dans le cadre de la France, n'a pas été sans inconvénient et sans excès dans un contexte où seule la production comptait, avec des atteintes diverses à la qualité de l'environnement : pollution des sols et des eaux dont on ne mesure la réalité que depuis une quinzaine d'années (IFEN, 2006) : déclin de la flore et de la faune associées à la simplification des agrosystèmes (Stoate *et al*, 2001), mais aussi avec l'apparition de nouveaux problèmes agronomiques : populations de mauvaises herbes résistantes aux herbicides (Darmency & Gasquez, 1990), érosion des sols en grande partie liée à la mécanisation et à ses conséquences en terme de remembrement, etc. L'arrivée de cultures Génétiquement Modifiées (GM) a été perçue par l'opinion comme une innovation d'impact potentiellement négatif. Le débat autour des cultures GM a renforcé une prise de conscience plus générale sur la nécessité d'assurer une surveillance des évolutions sensibles sur le territoire agricole induites par les méthodes de production.

Face à ces mutations régulières de l'agriculture et ses conséquences complexes et imprévisibles, le Service de la Protection des Végétaux (SPV) a mis en place un dispositif de surveillance générale du territoire. Cette surveillance vise à détecter des effets non intentionnels sur la faune et la flore des parcelles cultivées et leur environnement immédiat (Delos *et al*, 2006). Ces effets seront, pour certains, par définition inattendus, complexes, voire multifactoriels ou cumulatifs sur le long terme même si l'expérience des 30 « glorieuses » au niveau agricole a permis d'identifier un grand nombre d'effets adverses qui sont désormais intégrés dans nos objectifs de surveillance. Ainsi, la surveillance générale en grande culture (réseau Biovigilance) couvre un ensemble de près de 1000 parcelles en France métropolitaine où sont enregistrés les pratiques culturales, quelques caractéristiques du milieu et différents indicateurs biologiques. La couverture d'un territoire large ouvre la possibilité de détecter des phénomènes que des essais de petites dimensions conduit sur des plages de temps limitées pourraient ignorer. D'autre part, sa conduite prévue sur la durée permet la détection d'effets cumulatifs. Nous nous limiterons ici à la présentation du dispositif concernant la flore adventice : « Biovigilance Flore » (BF).

LES OBJECTIFS DU RESEAU BIOVIGILANCE FLORE

Le réseau BF vise à détecter des évolutions de flore inattendues et, si possible, à en trouver les causes afin de pouvoir prendre des mesures correctrices. Détecter des changements « anormaux » nécessite de pouvoir distinguer les variations d'origine naturelle couvrant les particularités climatiques ou inhérentes au cycle biologique des espèces, des changements majeurs résultant d'une activité humaine. Cela nécessite donc d'améliorer nos connaissances de l'écologie (=relation entre la présence et l'abondance des espèces et les conditions du milieu) et de la dynamique des espèces et des communautés adventices. Dans de nombreux cas, il est vraisemblable que des travaux complémentaires spécifiques seront nécessaires pour préciser l'origine des variations observées. On notera que cet objectif très général peut aussi bien être utilisé pour assurer (1) un suivi de la qualité phytosanitaire du

territoire (dans une optique de gestion des adventices) que pour (2) veiller à l'état écologique de l'agro-écosystème (dans une optique de suivi de la biodiversité liée aux agrosystèmes).

Qualité phytosanitaire de l'agrosystème

Initié au moment où se cristallisaient quelques inquiétudes sur les conséquences de l'introduction de cultures GM le réseau de suivi de la flore adventice visait à fournir un état des lieux précis de la flore des cultures afin d'assurer une mesure objective de l'impact éventuel de ces nouvelles technologies sur la composition et la diversité des communautés adventices ; soit de manière directe avec par exemple une augmentation des repousses de cultures ou d'espèces apparentées aux cultures GM mais aussi de manière indirecte en changeant d'autres éléments des systèmes de cultures incluant des cultures GM. Au-delà du suivi de cette innovation ayant fait l'objet d'un moratoire, la large couverture spatiale et temporelle du réseau BF peut contribuer au suivi post-homologation des produits phytosanitaires et garantir, dans le temps, la sécurité des autorisations de mise sur le marché (AMM). Enfin, le réseau BF intègre également la surveillance d'espèces « exotiques » potentiellement envahissantes. Vu l'accroissement des échanges internationaux et le réchauffement climatique, le nombre d'introductions et de naturalisations de ces espèces risque de progresser. Leur surveillance prend toute sa place dans le contexte de gestion des risques d'autant que certaines plantes peuvent avoir des effets sur la santé publique (pollen allergisant d'*Ambrosia artemisiifolia*). Plus généralement ce réseau permet d'établir, d'affiner et de réactualiser continuellement les connaissances sur la répartition des adventices en tant qu'organismes nuisibles aux cultures (ce qui constitue une des missions de base du SPV en tant qu'Organisation Nationale de la Protection des Végétaux).

Etat écologique de l'agrosystème

De nombreuses études soulignent l'impact majeur de l'intensification de l'agriculture sur l'état et le fonctionnement des écosystèmes (Matson *et al*, 1997). Plusieurs aides de l'Union européenne visent désormais à limiter cet impact. La surveillance générale de la flore adventice génère des indications sur l'intensité des pratiques pouvant être reliées à des indicateurs d'état de la biodiversité végétale. L'effet des mesures agro-environnementales pourrait également être mesuré à travers ce réseau. Plus généralement, le réseau BF est donc aussi fléché comme une contribution du Ministère de l'Agriculture aux dispositifs d'observations de la biodiversité dans l'espace agricole dans le cadre de la 'Stratégie nationale pour la Biodiversité' (Anonyme, 2004).

Depuis 2006, l'action BF a été étendue à la flore du vignoble (15 parcelles en Languedoc-Roussillon et 15 parcelles en Rhône-Alpes) et devrait également se poursuivre dans les vergers, de manière à couvrir l'ensemble de l'espace agricole. En Île-de-France, sur un réseau de parcelles pilotes, la flore des bords de champs est étudiée depuis 2005 par les chercheurs du Muséum National d'Histoire Naturelle afin d'intégrer une surveillance des probables effets non-intentionnels au-delà de la seule parcelle cultivée. L'ensemble de ces dispositifs fait du réseau BF un observatoire de la biodiversité dans l'espace agricole.

Cet article présente le dispositif principal mis en place dans les grandes cultures. Quelques statistiques très générales sont fournies sur les données récoltées. Deux autres articles présentés dans ce colloque détaillent d'une part les approches de l'écologie des communautés (Fried & Reboud, 2007), d'autre part les approches agronomiques (Granger *et al*, 2007) développées pour analyser les évolutions de la flore et les relations entre la flore et les pratiques culturales.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Parcelles échantillonnées

L'échantillonnage a été stratifié de manière à ce que les parcelles soient représentatives des différents milieux (type de sol et climat) et des différentes pratiques agricoles (grand type de rotations) de chacune des régions de la métropole. Le choix est fait *au prorata* de la surface couverte par les différentes variantes identifiées. Le réseau mis en place en 2002, a porté dans

un premier temps sur tout type de parcelle en grandes cultures (voir la liste ci-dessous). L'objectif du réseau est de disposer d'environ 80 % de parcelles en suivi annuel permanent.

Techniques culturales et paramètres du milieu physique relevés dans les parcelles

La valeur sans précédent et sans équivalent du réseau BF tient au nombre et à la qualité des descripteurs des techniques culturales. Dans l'ordre de la campagne culturale, sont relevés : les opérations de travail du sol avant le semis (date, type d'outils, profondeur), la culture, la variété, la date de semis, les amendements NPK (forme, dose, date), le programme de désherbage (date, produit, dose, volume, conditions météorologiques lors du traitements et 48 heures après), l'irrigation et la gestion de l'interculture (culture intermédiaire, déchaumage mécanique et/ou chimique).

Les coordonnées de chaque parcelle sont géoréférencées à l'aide d'un GPS. Le cas échéant, les coordonnées du centre de la commune sont utilisées. Une description physico-chimique du sol comprend la texture, le pH et le taux de matière organique. La topographie de la parcelle (plaine, plateau, bas ou haut de coteau, pente) est également précisée. La présence de haies ou de fossés et le pourcentage du périmètre de la parcelle qu'ils occupent sont indiqués tout comme la nature des cultures ou l'occupation du sol jouxtant la parcelle. Ces informations resituent ainsi chaque parcelle dans son contexte paysager (openfield, bocage, etc.).

Protocole des relevés de flore

Dans chaque parcelle du réseau, au moins quatre relevés floristiques sont effectués au cours de la campagne culturale, soit deux zones de relevés et deux dates différentes. Chaque parcelle comporte : (1) une bande témoin de 120 m² minimum qui est déplacée chaque année afin d'éviter les effets cumulatifs et (2) une partie traitée constituée du reste de la parcelle. Les notations sont réalisées chaque année à deux dates N1 et N2, déterminées d'après la levée des plantes. La notation N1 a lieu environ 40 jours après la levée pour les cultures d'hiver et 25-30 jours après la levée pour les cultures de printemps. La notation N2 s'effectue environ 140 jours après la levée pour les cultures d'hiver et 45-55 jours après la levée pour les cultures de printemps. Ces deux notations rendent ainsi compte des variations saisonnières de la flore dues à la phénologie des espèces (levée automnale ou printanière). La zone témoin quant à elle, permet : (1) d'analyser l'effet de l'ensemble des techniques culturales qui sont masquées par l'effet des herbicides et (2) éventuellement, de mesurer l'efficacité des produits. Le témoin est désherbé par l'observateur après la deuxième notation.

Les notations sur les zones témoin sont réalisées sur toute leur surface. Dans la zone traitée, une surface d'environ 1000 à 2000 m² est échantillonnée pendant 30 minutes au maximum. Un coefficient d'abondance représentant le nombre d'individus au m² (d) est attribué à chaque espèce selon l'échelle définie par G. Barralis (1976) : « + » = vue 1 fois sur l'aire d'observation (espèce rare) ; « 1 » = $d < 1 \text{ m}^2$; « 2 » = $1 \leq d < 3 \text{ m}^2$; « 3 » = $3 \leq d < 20 \text{ m}^2$; « 4 » = $20 \leq d < 50 \text{ m}^2$; « 5 » = $d \geq 50 \text{ m}^2$.

Trois taxons : *Ambrosia artemisiifolia* L., *Orobanche ramosa* L. et *Cuscuta* spp., font l'objet d'une surveillance particulière sur un périmètre plus large que les seules parcelles du réseau BF. Pour chaque parcelle échantillonnée, il est demandé pour ces taxons, une note de fréquence variant de 0 à 3 (0 : absent – 1 : rare – 2 : fréquemment observé – 3 : problème agronomique majeur) à l'échelle de l'exploitation, de la commune et du canton. Au besoin, d'autres espèces pourront également intégrer cette liste (voir ci-dessous).

RÉSULTATS & DISCUSSION

QUELQUES STATISTIQUES SYNTHETIQUES SUR LES DONNEES RECOLTEES

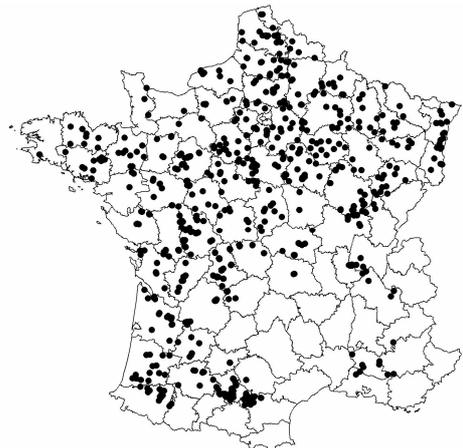
Parcelles suivies

Depuis le démarrage de l'action, le nombre de parcelles suivies est en constante augmentation avec 261 parcelles en 2002 (sur 12 régions uniquement), 619 en 2003 (sur 20 régions), 806 en 2004 (sur 21 régions) et autour de 900 en 2005 et 2006. Les chiffres ou résultats analysés dans la suite de l'article correspondent uniquement aux données 2002 à 2004.

Les cultures les mieux représentées sont par ordre décroissant : blé d'hiver (540 parcelles soit 32.4%), maïs (477 soit 28.6%), tournesol (118 soit 7,1%), colza (103 soit 6.2%), orge d'hiver et escourgeon (82 soit 4.9%), betterave (64 soit 3.8%), pois de printemps (55 soit 3.3%), orge de printemps (52 soit 3.1%), soja (39 soit 2.3%), sorgho (29 soit 1.7%), avoine (17 soit 1%), féverole (17 soit 1%) et pomme de terre (17 soit 1%).

Figure 1 : Carte de distribution des parcelles du réseau Biovigilance Flore entre 2002 et 2004.

Figure 1 : *Distribution map of the 'Biovigilance Flore' surveyed fields between 2002 and 2004.*



D'autres cultures mineures sont représentées sur moins de 1 % des parcelles (blé de printemps, lin, seigle, avoine de printemps, ray-grass, lupin, pois d'hiver, haricots, jachère, luzerne, oeillette, sarrasin, trèfle).

Certaines régions restent mal couvertes (Rhône-Alpes, Massif Central) ou les parcelles sont concentrées dans un seul département de la région (Provence, Languedoc). Cette situation devrait évoluer positivement dans les années à venir.

Structure et diversité des communautés observées

Entre 2002 et 2004, le réseau Biovigilance Flore a permis de détecter la présence d'environ 310 taxons dans les cultures annuelles françaises sur les 1200 espèces (dont beaucoup sont très rares) que compte potentiellement cette flore en France (Jauzein, 2001). Ils se répartissent en 44 familles et 202 genres. Les trois familles les mieux représentées constituent plus de 40 % de la flore : Astéracées (44 espèces), Poacées (43 espèces), Brassicacées (26 espèces), puis, sont également bien représentées : les Apiacées (16 espèces), les Fabacées (14 espèces), les Plantaginacées (13 espèces), les Amaranthacées (12 espèces), les Polygonacées (12 espèces), les Lamiacées (11 espèces) et les Caryophyllacées (10 espèces).

Le nombre total d'espèces recensées par parcelle (zones témoin + traitée) varie de 1 à 58 avec une valeur médiane de 12 et une moyenne de 13.2 (+/- 0.4). Dans la zone traitée, le nombre moyen d'espèces par parcelles varie de 4.25 (N1) à 4.22 (N2). 135 parcelles (8.01%) ne comptent plus aucune espèce dans la zone traitée. La zone témoin non désherbée comporte deux fois plus d'espèces que le reste de la parcelle, soit entre 8.09 (N1) et 9.08 (N2). Sur les 13.2 espèces trouvées en moyenne par parcelle, 1.5 n'est présente que dans la zone traitée, 4.84 sont communes aux deux zones et 6.86 ne sont présentes que dans le témoin, ce qui montre tout l'intérêt de ces deux zones complémentaires.

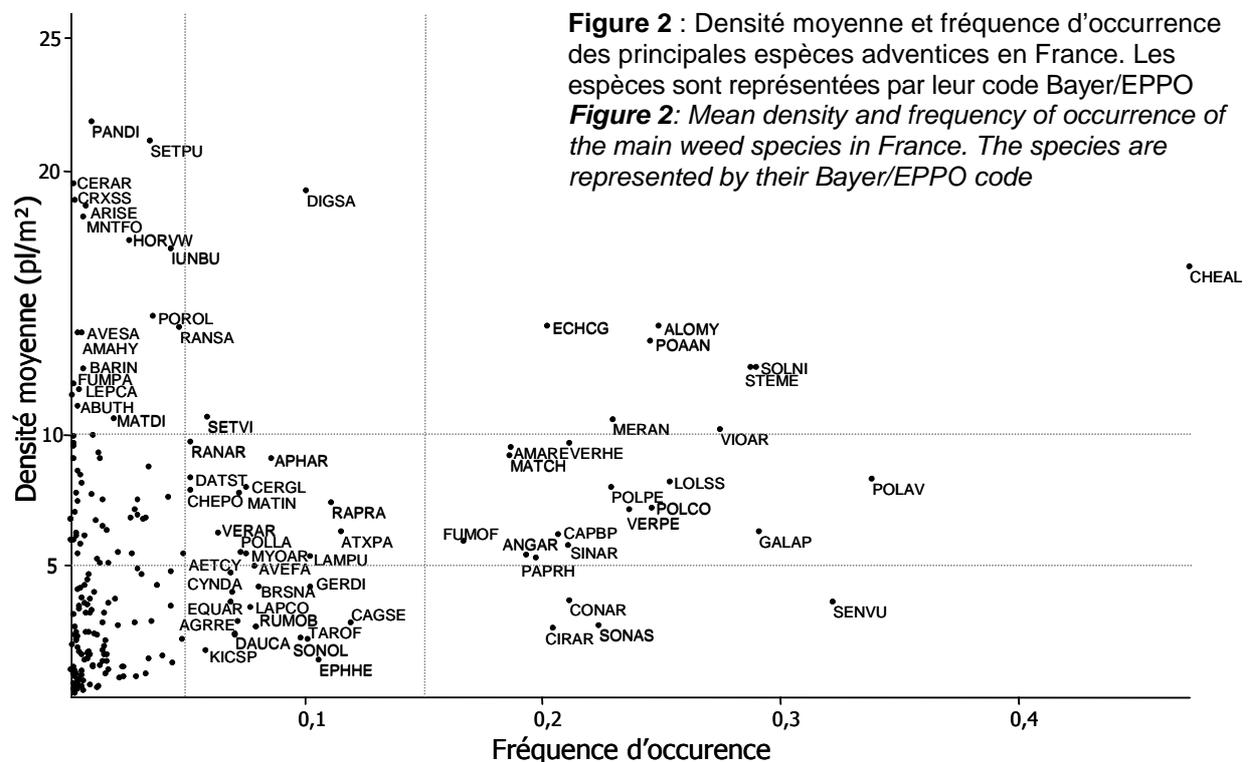
Statut des adventices

Sur la base de la fréquence d'occurrence (F) et de la densité moyenne (d_m), on peut classer les espèces en différentes catégories (Figure 2). On trouve 26 espèces majeures à l'échelle de la France ($F > 15\%$). Parmi celles-ci certaines sont à la fois très fréquentes et

abondantes (*Chenopodium album*, *Solanum nigrum*, *Stellaria media*, *Viola arvensis*, *Poa annua*, *Alopecurus myosuroides*, *Echinochloa crus-galli*) tandis que d'autres présentent toujours des densités faibles (*Senecio vulgaris*, *Sonchus asper*). 30 espèces peuvent être qualifiées d'adventices importantes ($5\% < F < 15\%$), surtout problématiques dans certaines régions (*Digitaria sanguinalis* en Aquitaine) ou dans certaines cultures (*Geranium dissectum* dans le colza).

La majorité des espèces n'a été observée que sur un faible nombre de parcelles : 256 des 310 espèces détectées (83 %) ont une fréquence d'occurrence inférieure à 5 % (présence dans moins de 90 relevés). Parmi cette dernière catégorie d'espèces, les situations sont très contrastées avec (1) des espèces à la fois peu fréquentes et peu abondantes et (2) des espèces peu fréquentes mais localement (très) abondantes.

(1) Dans le premier cas de figure, on notera la détection d'un certain nombre d'espèces patrimoniales par le réseau Biovigilance Flore. Ainsi, 34 taxons parmi la liste des 101 espèces archéophytes (introduites avant le IV^{ème} siècle) en effondrement (Aboucaya *et al*, 2000) ont été recensés. Parmi les espèces de niveau 3 (taxons encore abondants au moins pour certaines régions) huit sur 14 sont encore communes ($7.9\% < F < 24.9\%$) tandis que *Scandix pecten-veneris* (1.2%), *Lithospermum arvense* (0.7%) et *Scleranthus annuus* (0.1%) sont plus dispersées. Mis à part *Ranunculus arvensis* (5.2%), localement abondant, et *Anthemis arvensis* (3.5%), les 14 espèces de niveau 2 (taxons à surveiller, se maintenant plus ou moins) sur les 30 de la liste nationale ont des fréquences inférieures à 2%. Enfin, seules six espèces de niveau 1 (taxons en situation précaire) sur les 73 de la liste ont été observées : *Bifora radians* (9 parcelles), *Myagrum perfoliatum* (4 parcelles), *Adonis aestivalis* et *Bupleurum rotundifolium* (2 parcelles), *Camelina microcarpa* et *Neslia paniculata* (1 parcelle). Les régions les plus riches en espèces messicoles sont la Provence, le Languedoc-Roussillon et dans une moindre mesure la Bourgogne, le Centre, et le Poitou-Charentes.



(2) Dans le deuxième cas de figure (espèces peu fréquentes mais abondantes) on trouve : soit des espèces liées à des conditions du milieu particulières et qui peuvent exploser certaines années : *Juncus bufonius*, *Montia fontana* ou *Ranunculus sardous* toutes trois liées à des sols temporairement inondés ; soit des espèces qui posent de réels problèmes de contrôle. Cela peut-être le cas en particulier d'espèces 'nouvelles'. Les espèces introduites en France

après 1500, dites néophytes, représentent 11% de l'ensemble de la flore adventice détectée par le réseau. Les communautés adventices des grandes cultures comportent en moyenne 8.2% +/- 0.4 % d'espèces néophytes. Cette proportion atteint 11.0% (+/- 1.9) dans le maïs, la culture apparemment la plus à même de constituer la voie d'entrée de nombreuses espèces exotiques (Maillet, 1996). Les plus fréquentes ($F > 1\%$) sont : *Veronica persica* (23.7%), *Amaranthus retroflexus* (18.6%), *Datura stramonium* (5.2%), *Panicum milliaceum* (3.1%), *Matricaria discoidea* (2.0%), *Ambrosia artemisiifolia* (1.7%), *Conyza canadensis* (1.4%), *Xanthium strumarium* (1.2%), *Phytolacca americana* (1.1%) et *P. dichotomiflorum* (1.0%).

Par rapport à la gestion des risques, l'intérêt du diagramme de la Figure 2 est de signaler les espèces peu fréquentes mais ayant cependant des densités moyennes très importantes, ce qui peut laisser préfigurer des comportements envahissants futurs: *P. dichotomiflorum* (22 pl/m² en moyenne) et *Abutilon theophrasti* (12 pl/m²) mériteraient par exemple d'être surveillés au-delà du seul réseau Biovigilance.

Diversité des types biologiques au sein des communautés

A l'échelle d'une parcelle cultivée, les communautés adventices comportent en moyenne 85.16% (+/- 0.76) de thérophytes, 10.28% (+/-0.58) d'hémicryptophytes et 4.56% (+/- 0.44) de géophytes. Le pourcentage d'espèces vivaces dans les communautés adventices des cultures de maïs (21.8% +/- 1.7) et de tournesol (19.7% +/- 4.4) est deux fois plus important que dans les céréales d'hiver (10.3% +/- 1.6). Cette tendance également observée par Hallgren *et al* (1999) en Suède serait liée à la période de reprise de végétation de la plupart des vivaces, plus active au printemps. La proportion d'espèces vivaces est supérieure les années suivant des cultures fourragères pérennes (ray-grass, luzerne, trèfle) : 24.9% +/-5% par rapport aux autres précédents culturaux : 15.9% +/-1.1. En revanche, aucun effet significatif du type de travail du sol n'est mis en évidence sur la proportion d'espèces pérennes.

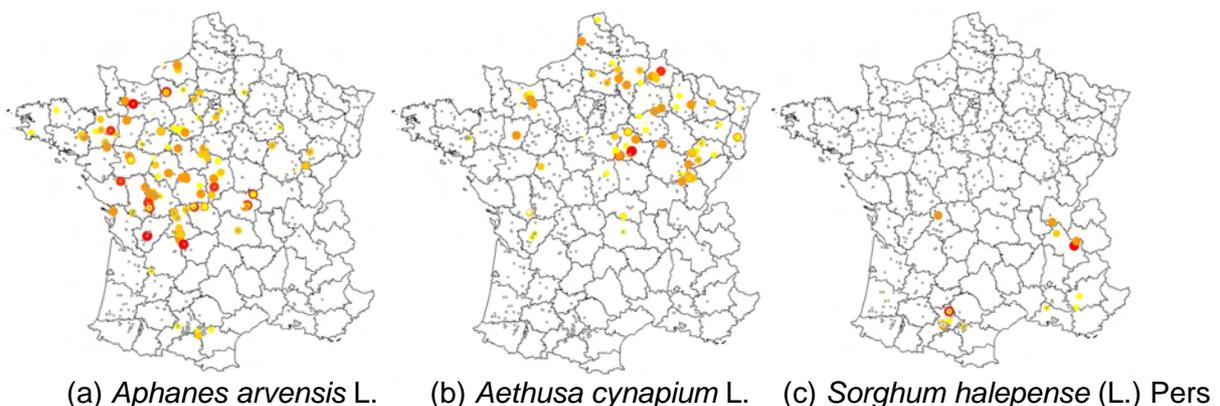
RELATIONS FLORE ADVENTICE - MILIEU

Cartographie des espèces

Le géoréférencement des parcelles permet de cartographier la répartition des principales espèces en France. La Figure 3 illustre trois types de répartition. *Aphanes arvensis*, présente dans toute la France est plus particulièrement abondante dans le Centre-Ouest du pays. *Aethusa cynapium* est uniquement présente dans les champs de la moitié Nord de la France, plus particulièrement dans le quart Nord-Est. A l'opposé, *Sorghum halepense* est une espèce du Sud de la France dont les infestations dans les cultures atteignent leur limite Nord dans l'Ain et la Corrèze.

Figure 3 : Carte de répartition de trois adventices. Les codes couleurs et la taille des cercles font référence à l'abondance des espèces (+ grand cercle rouge ; - petit cercle jaune)

Figure 3: *Distribution map of three arable weeds. Colours and size of the circles refers to species abundance (+ big red circle; - little yellow circle).*



Autécologie des espèces

Les données du réseau BF ont permis d'enrichir une base de données automatisées sur la réponse des espèces aux pratiques (type de culture, précédent cultural, successions culturales) et aux principales conditions du milieu (texture du sol, saison, région). Cette base contient actuellement 5335 relevés dont environ 1600 proviennent du réseau BF, les autres étant issus des zones témoin des essais herbicides compilés depuis 1980. Pour les espèces présentes dans au moins 100 relevés (une trentaine d'espèces), des fiches de synthèse sont régulièrement mise à jour sur le site ARAF : Atlas de Répartition des Adventices en France (consultable à l'adresse : <http://www.dijon.inra.fr/bga/araf/index.htm>). Le Tableau I donne un exemple de synthèse possible par (a) type de sol ou (b) par type de rotation.

Le Tableau la montre un gradient d'espèces liées aux sols argileux, limoneux et sableux. Quelques espèces (plus ubiquistes) sont associées à une gamme plus étendue de textures (*S. vulgaris*, *V. persica*, *V. arvensis*).

Le Tableau Ib donne la distribution déficitaire ou excédentaire des adventices dans les céréales d'hiver en fonction du précédent cultural. Ainsi, *Papaver rhoeas* est en excès dans tous les précédents sauf après un maïs tandis qu'à l'inverse *Poa annua* est uniquement favorisé dans les céréales après un maïs. *Alopecurus myosuroides* est en défaut dans les céréales d'hiver suivant une culture estivale (maïs, tournesol).

On peut en partie expliquer ces distributions en fonction des périodes de levée préférentielle des adventices. D'autres espèces, sans affinité particulière pour les céréales d'hiver sont favorisées après une culture dans laquelle ces espèces sont mal contrôlées (Mamarot & Rodriguez, 2003) : ainsi *Geranium dissectum* est favorisé dans les céréales après un colza, *Avena fatua* après un tournesol, etc.

(a) Espèces	A	AL	LA	L	LS	AS	S
<i>Galium aparine</i>	***				**	*	***
<i>Mercurialis annua</i>	***		**				
<i>Sinapis arvensis</i>	***	*			*		**
<i>Alopecurus myosuroides</i>			***		**	**	***
<i>Lolium multiflorum</i>				***			*
<i>Matricaria recutita</i>	***	**		***			
<i>Poa annua</i>	***			***	***		
<i>Stellaria media</i>	***	**		***		**	***
<i>Amaranthus retroflexus</i>				**		***	***
<i>Solanum nigrum</i>	*					*	***
<i>Senecio vulgaris</i>		**	*	***	*	*	
<i>Veronica persica</i>	**					**	
<i>Viola arvensis</i>	***	**	**	**			

Tableau I : affinité des espèces (a) avec les textures de sol (A : argileux, L : limoneux, S : sableux) et (b) pour les précédent culturaux des céréales d'hiver pour quelques espèces majeures. Le bleu indique un déficit, le rouge un excès (* p<0.05 ; ** p<0.01 ; *** p<0.001).

(b) Espèces	Précédent				
	Cer-h	Colza	Ms-Sr	Proté	Tr-Sj
<i>Senecio vulgaris</i>	**	***	***		
<i>Avena fatua</i>					*
<i>Geranium dissectum</i>		*		**	
<i>Poa annua</i>			***		
<i>Alopecurus myosuroides</i>	***	***		***	
<i>Papaver rhoeas</i>	***	***		***	***

Table I : species link to (a) soil texture (A: clay, L: silt, S: sand) and (b) crop preceding winter cereals for some major weeds. Blue cases indicate a deficit while red show an excess (* p<0.05 ; ** p<0.01 ; *** p<0.001).

LE POINT PAR CULTURE ET LA DETECTION DES CHANGEMENTS DE FLORE

Le réseau BF permet également de faire un point régulier sur la fréquence et l'abondance des principales espèces adventices pour les différentes cultures (Tableau II).

Tableau II : Fréquence (Fr.), densité moyenne (Dm) et statut depuis 1973 (Ev.) des dix adventices les plus répandues dans (a) le blé d'hiver, (b) le colza, (c) la betterave et (d) le maïs.

Table II: Frequency (Fr.) mean density (Dm) and status since 1973 (Ev.) of the ten most widespread weeds in (a) winter wheat, (b) oilseed rape, (c) sugarbeet and (d) maize.

(a) Blé d'hiver				(b) Colza					
		Fr.	D _m	Ev.		Fr.	D _m	Ev.	
1	<i>Galium aparine</i>	43,70%	6,90	+	1	<i>Geranium dissectum</i>	44,66%	8,25	+
2	<i>Viola arvensis</i>	37,96%	11,97	+	2	<i>Sinapis arvensis</i>	40,78%	9,11	+
3	<i>Veronica hederifolia</i>	37,59%	11,63	=	3	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	40,78%	10,73	=
4	<i>Stellaria media</i>	35,37%	12,70	=	4	<i>Lolium</i> spp.	38,83%	7,95	+
5	<i>Alopecurus myosuroides</i>	33,33%	16,24	-	5	<i>Viola arvensis</i>	35,92%	12,49	+
6	<i>Senecio vulgaris</i>	32,96%	5,03	+	6	<i>Alopecurus myosuroides</i>	35,92%	19,52	-
7	<i>Poa annua</i>	32,22%	14,84	+	7	<i>Galium aparine</i>	34,95%	5,42	=
8	<i>Papaver rhoeas</i>	30,74%	6,03	-	8	Repousses céréales	33,98%	14,20	?
9	<i>Veronica persica</i>	30,19%	8,20	-	9	<i>Senecio vulgaris</i>	32,04%	2,88	+
10	<i>Lolium</i> spp.	25,19%	12,00	+	10	<i>Sonchus asper</i>	31,07%	8,35	+

(c) Betteraves				(d) Maïs					
		Fr.	D _m	Ev.		Fr.	D _m	Ev.	
1	<i>Chenopodium album</i>	66,00%	13,63	=	1	<i>Chenopodium album</i>	87,84%	21,48	=
2	<i>Mercurialis annua</i>	56,00%	12,00	+	2	<i>Solanum nigrum</i>	64,57%	14,26	+
3	<i>Polygonum aviculare</i>	52,00%	5,98	=	3	<i>Echinochloa crus-galli</i>	52,83%	16,44	=
4	<i>Fallopia convolvulus</i>	52,00%	9,45	=	4	<i>Polygonum aviculare</i>	46,96%	6,83	=
5	<i>Cirsium arvense</i>	38,00%	1,85	+	5	<i>Polygonum persicaria</i>	46,33%	7,58	=
6	<i>Solanum nigrum</i>	36,00%	7,99	+	6	<i>Amaranthus retroflexus</i>	42,35%	11,05	=
7	<i>Sinapis arvensis</i>	33,00%	2,91	-	7	<i>Convolvulus arvensis</i>	38,78%	3,95	=
8	<i>Alopecurus myosuroides</i>	33,00%	7,46	=	8	<i>Sonchus asper</i>	33,33%	2,28	+
9	<i>Aethusa cynapium</i>	28,00%	3,63	+	9	<i>Stellaria media</i>	32,08%	13,94	+
10	<i>Galium aparine</i>	27,00%	3,44	=	10	<i>Mercurialis annua</i>	31,24%	13,08	+

A partir de la comparaison des données BF à une première synthèse nationale effectuée dans les années 1970 (Barralis, 1977), cet état des lieux a également permis de faire le point sur le statut des espèces (en progression, stable ou en régression) dans les principales cultures: maïs (Fried *et al*, 2005), tournesol (Fried *et al*, 2006), colza (Fried & Reboud, 2007). D'autres synthèses sont en cours notamment pour le blé d'hiver.

Le Tableau II donne un bref aperçu des résultats de ces travaux en donnant la tendance démographique pour les 10 espèces les plus fréquentes dans le blé d'hiver, le colza, la betterave et le maïs. Ces travaux ont notamment montré qu'en l'espace de 30 ans, les changements étaient très importants même parmi les espèces les plus communes avec, suivant la culture, de 5 à 11 « nouvelles » espèces parmi les 25 espèces les plus fréquentes. Probablement, à la faveur d'un mauvais contrôle herbicides dans certaines cultures, quelques adventices sont directement passées d'un statut d'adventices mineures à majeures : *Geranium dissectum* dans le colza, *Aethusa cynapium* dans les betteraves, etc.

VERS DES MODELES PREDICTIFS ET UNE CARTOGRAPHIE DU RISQUE

A partir des relations établies entre la flore, le milieu et les techniques culturales sur la base statistique de plusieurs milliers de relevés, il est possible de bâtir des modèles de prédiction de présence des adventices pour chaque parcelle du réseau (Figure 4). Ces modèles qui restent à perfectionner devraient permettre :

i) de détecter des cas où la présence d'une espèce serait à surveiller du fait de l'écart entre probabilité de présence et observations réelles faites par le réseau,

ii) d'étendre la cartographie à une cartographie du risque de divers pathogènes, maladies, etc., en combinant les données BF à d'autres bases de données sur la relation flore adventice – autres bioagresseurs.

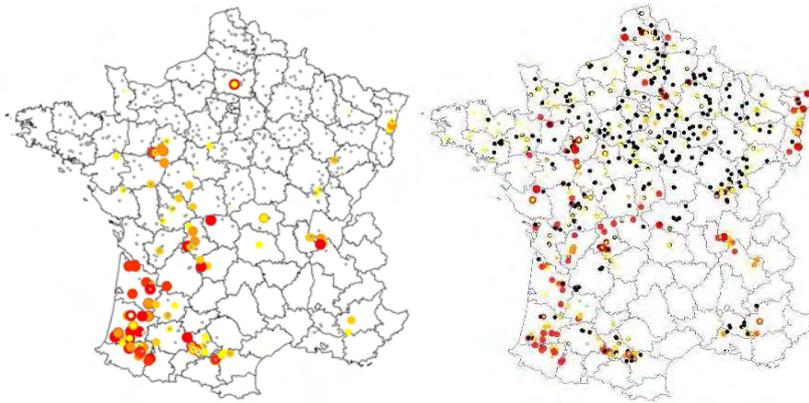


Figure 4 : Carte de répartition réelle (à gauche) et potentielle (à droite) de *Digitaria sanguinalis*

Figure 4: (a) Actual and (b) potential distribution map of *Digitaria sanguinalis*

La figure 4a montre que *D. sanguinalis* est surtout très abondante dans les maïs du Sud-Ouest. La carte de répartition potentielle (Figure 4b) montre que l'espèce pourrait très bien se développer de manière plus importante en Alsace. Certaines parcelles en Gironde ont au contraire des abondances bien supérieures à ce que les conditions du milieu pouvaient laisser prévoir : des cas qui peuvent en partie correspondre au développement de populations résistantes (Gasquez, 2007, ce volume).

CONCLUSION

La valeur d'exemple du réseau Biovigilance Flore ne nous semble pas discutable. Certes, les résultats présentés ici revêtent encore un caractère préliminaire et un peu descriptif. Sa poursuite devrait cependant permettre de préciser les phénomènes qui semblent se dessiner mais dont il reste à savoir s'ils ne sont pas le fruit du hasard de quelques années climatiques exceptionnelles (2003). Par ailleurs, la base sera bientôt son propre référentiel et l'analyse de séries chronologiques compilées sur quelques parcelles devrait ouvrir sur le suivi d'effets se répercutant au-delà d'une année. Une perspective à développer est de trouver sous quelle forme assurer un retour d'information possible aux acteurs du réseau (agriculteurs ou agents des PV-FREDON) pour s'ajuster à l'échelle locale.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement toutes les personnes impliquées dans le réseau Biovigilance Flore, en particulier, les agents des DRAF- SRPV et des FREDON/FREDEC qui effectuent les relevés de flore sur le terrain ainsi que l'ensemble des agriculteurs qui ont mis à disposition leurs parcelles.

BIBLIOGRAPHIE

- Aboucaya A., Jauzein P., Vinciguerra L., Virevaire M., 2000 - Plan National d'Action pour la conservation des plantes messicoles. Rapport final. Ed. Direction de la Nature et des Paysages, Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement, 1-50.
- Anonyme, 2004 - Stratégie nationale pour la Biodiversité. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 1-49.
- Barralis G., 1976 – Méthode d'étude des groupements adventices des cultures annuelles. *In* : *V^e Colloque International sur l'Ecologie et la Biologie des Mauvaises herbes*, 1, Dijon, France : 59-68.
- Barralis G., 1977 - Répartition et densité des principales mauvaises herbes en France. INRA – AFPP, Paris, France.

- Darmency H., Gasquez J. 1990 - Résistance aux herbicides chez les mauvaises herbes. *Agronomie*, 6, 457-472.
- Delos M., Hervieu F., Folcher L., Micoud A., Eychenne N., 2006 - La «Biovigilance», des OGM au général. Exemple du suivi des grandes cultures en France. *Phytoma-LDV* 589, 44-48.
- Fried G., Bombarde M., Delos M., Gasquez J., Reboud X., 2005 - Les mauvaises herbes du maïs : ce qui a changé en 30 ans. *Phytoma-LDV* 586, 47-51.
- Fried G., Chauvel B., Reboud X., Chollet D., Bombarde M., Delos M., 2006 - Evolution de la flore adventice en 30 ans : quelles caractéristiques semblent favoriser la capacité d'infestation en tournesol ? *Phytoma-LDV* 596, 37-43.
- Fried G., Reboud X., 2007 - Evolution de la composition des communautés adventices des cultures de colza sous l'influence des systèmes de cultures. *OCL* 14, 68-76.
- Gasquez J., 2007 - *Digitaria sanguinalis* : une nouvelle espèce résistante aux inhibiteurs de l'ACCCase en France. AFPP – 20^{ème} conférence du COLUMA Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Dijon – 11 et 12 décembre 2007 (dans ce volume).
- Granger S., Fried G., Thomas J.M., 2007 - Typologie des pratiques culturales et mauvaises herbes associées : le cas du maïs. AFPP – 20^{ème} conférence du COLUMA Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Dijon – 11 et 12 décembre 2007 (dans ce volume).
- Hallgren E., Palmer M.W., Milberg P., 1999 - Data-diving with cross validation: an investigation of broad scale gradients in weed communities. *Journal of Ecology*, 87, 1037-1051.
- IFEN, 2006 - Les pesticides dans les eaux. Données 2003 et 2004. *Les dossiers* 5, 1-40.
- Jauzein P., 2001 – Biodiversité des champs cultivés. L'enrichissement floristique. *Dossier de l'environnement de l'INRA* 21, 43-63.
- Maillet J., 1996 – Les invasions biologiques. Cas des mauvaises herbes de nos cultures. *Phytoma-LDV*, 484, 17-20.
- Mamarot J., Rodriguez A., 2003 - Sensibilité des mauvaises herbes aux herbicides en grandes cultures (1ère ed.). Paris: ACTA.
- Matson P.A., Parton W.J., Power A.G. et Swift M.J., 1997 - Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277,504–509.
- Reboud X. et Fried G., 2007 - Au-delà du constat, comment analyser et prévoir les évolutions de la flore adventice ? AFPP – 20^{ème} conférence du COLUMA Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Dijon – 11 et 12 décembre 2007 (dans ce volume).
- Stoate C., Boatman N. D., Borralho R. J., Rio Carvalho C., de Snoo G. R. et Eden P., 2001 – Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management* 63, 337-365.