



L'apport des suivis à grande échelle pour la compréhension de la dynamique de la flore des champs cultivés



Guillaume Fried, L. Mahaut, B. Chauvel, S. Gaba & X. Reboud

Laboratoire de la Santé des Végétaux
Unité Entomologie & Plantes invasives



Séminaire CBGP – Mardi 29 septembre 2015

Modèle biologique : flore **adventice** des cultures annuelles



- Toutes les espèces qui poussent avec l'espèce cultivée
- 1200 espèces en France selon Jauzein (1995)



Dualité des adventices : mauvaises ...

- Mauvaises herbes nuisibles au rendement des cultures
 - Pertes de rendement potentielles (sans désherbage) estimées à 34% (Oerke, 2006)
 - Autant que la somme ravageurs (18%) et maladies (16%)



Sorghum halepense dans un champ de tournesol, Sainte-Anastasie (Gard)

Dualité des adventices : mauvaises ...

- Mauvaises herbes nuisibles au rendement des cultures
 - Pertes de rendement potentielles (sans désherbage) estimées à 34% (Oerke, 2006)
 - Autant que la somme ravageurs (18%) et maladies (16%)



Ambrosia trifida dans un champ de soja, Montaut (Ariège)

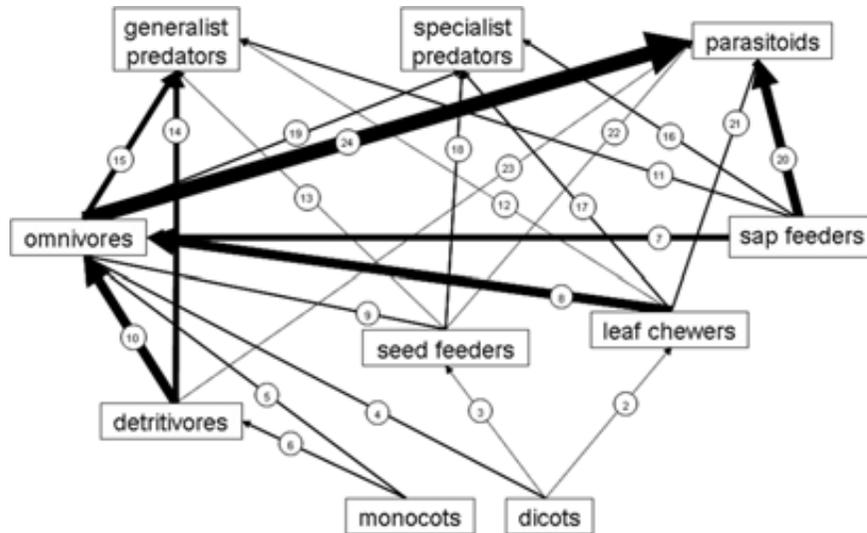
Dualité des adventices : ... ou **bonnes** ?



- Aspect culturel (Monnet, etc.)
- Nombreuses espèces comestibles (salades sauvages)



Dualité des adventices : ... ou bonnes ?

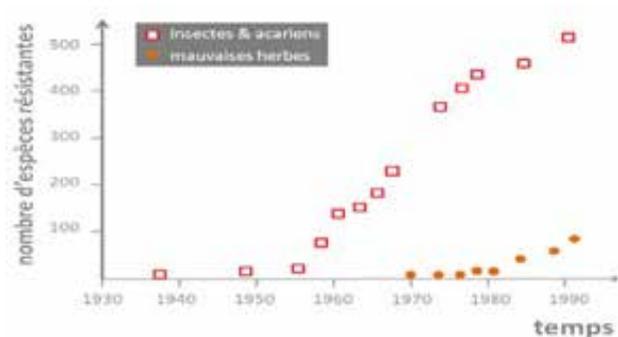
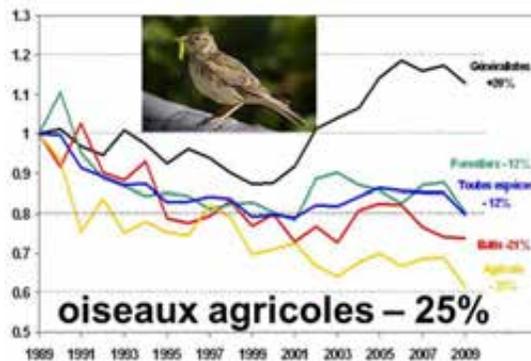


- Aspect culturel (Monnet, etc.)
- Nombreuses espèces comestibles (salades sauvages)
- A la base des réseaux trophiques des agrosystèmes
 - Marshall *et al.* 2003



Effets non-intentionnels

Impacts de la gestion (intensive) des adventices



- **Pollutions des eaux** : 40% nécessite des traitements (IFEN, 2004)
- **Résidus de pesticides** sur les aliments (3,4% des denrées > LMR)
- **Impact** sur les **espèces non-cibles** (oiseaux, faune auxiliaire) : érosion de la biodiversité
- Développement exponentiel de **populations résistantes**

Mise en place du plan Ecophyto



⇒ **Plan Ecophyto** : réduire l'usage des pesticides

⇒ **Axe 5 : Surveiller pour traiter au plus juste**

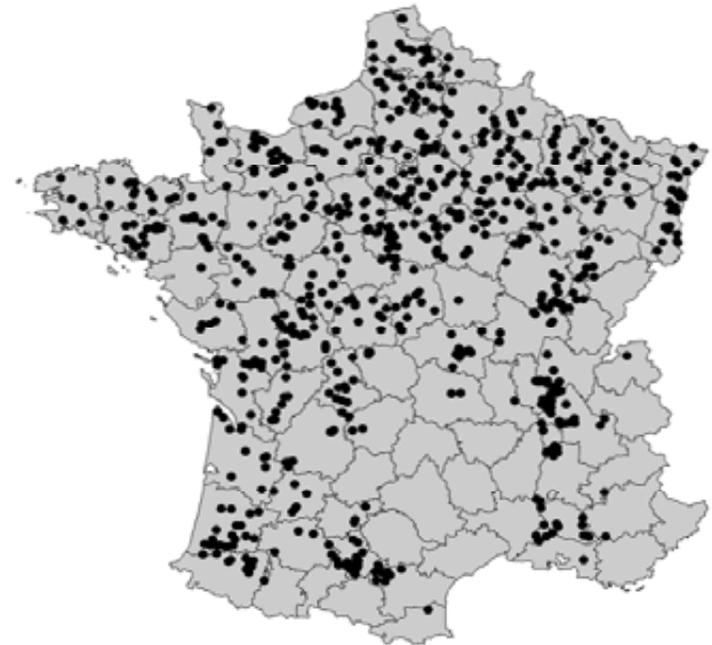
⇒ Renforcer les réseaux de surveillance des bio-agresseurs dans le domaine végétal et des effets indésirables de l'utilisation des pesticides)

⇒ **Réorganisation de la Surveillance Biologique du Territoire (SBT)**

⇒ Suivi des ENI sur la flore des bords de champs, carabes, oiseaux et vers de terre depuis 2012 (Anses, MNHN, Univ. Rennes, INRA) : objet d'une prochaine présentation?

Le réseau Biovigilance Flore 2002-2010

- Impact(s) potentiel(s) des OGMs
- 9 années de relevés
- 1 440 parcelles suivies
- 77 départements et 722 communes couverts



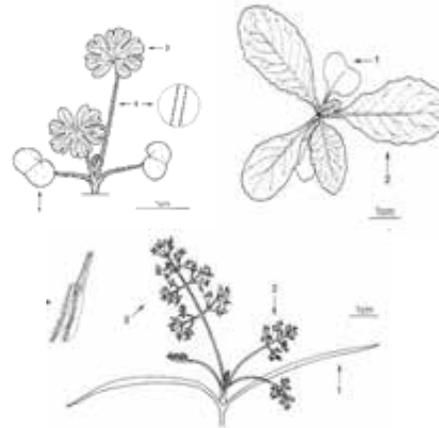
Moyens

- Géré par les SRAI
- 270 000 euros/an
- 40 agents = 12 ETPs



Données floristiques

- Relevé exhaustif
 - Notation des densités



Coefficients d'abondance

+ : vu une fois dans la parcelle
1 : moins 1 individu par m²
2 : 1-2 individus par m²
3 : 3-20 individus par m²
4 : 21-50 individus par m²
5 : plus de 50 individus par m²

- Deux zones
 - 2 000 m² : zone traitée
 - 150-200 m² : zone témoin, non désherbée



- Deux périodes
 - N1 ~ 30 jours après semis ; avant désherbage post-levée
 - N2 ~ 180 j. après semis (cult. hiver), 90 j. (cult.print.) après dernier désherbage

Cultures d'hiver..... N1..... N2

Cultures de printemps..... N1..... N2

Octobre

Avril

Juillet



Données agro-écologiques

• Techniques culturales

- Culture
- Précédent cultural
- Travaux en interculture (Déchaumages)
- Travail du sol (nombre, nature, prof., date)
- Herbicides (nombre, nature, dose, date)
- Irrigation



☹ Données manquantes

- Amendements (N, P, K)
- Rendement, date de récolte

• Milieu physique et environnement

- Position géographique (X, Y, Z)
- pH et texture du sol
- Matière organique
- Éléments paysagers
- Contexte culturale (cultures voisines)

} Sol

} Environnement

☺ Données complétées

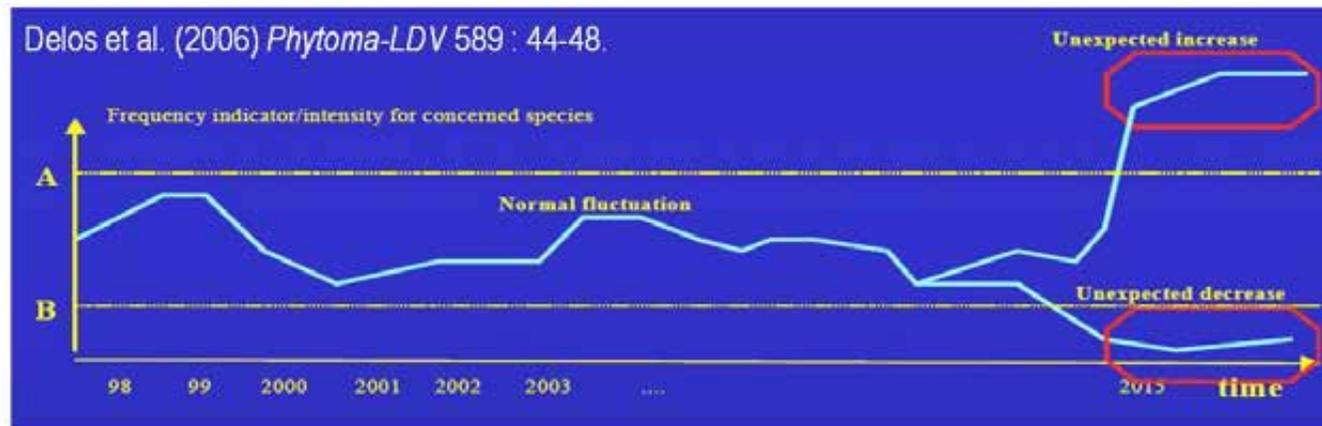
- Précipitation
- Température
- ETP

} Climat



Répondre à un double questionnaire

- « Epidémiologie »
 - analyser les changements de fréquence et d'abondance des espèces dans le temps
 - distinguer les variations interannuelles « normales » des « explosions » ou « effondrements » de population
- Effets non-intentionnels
 - Identifier les pratiques à l'origine des « explosions » / « effondrements »



⇒ Lien entre pratiques culturales (x) et flore (y) et conséquence sur la dynamique des communautés

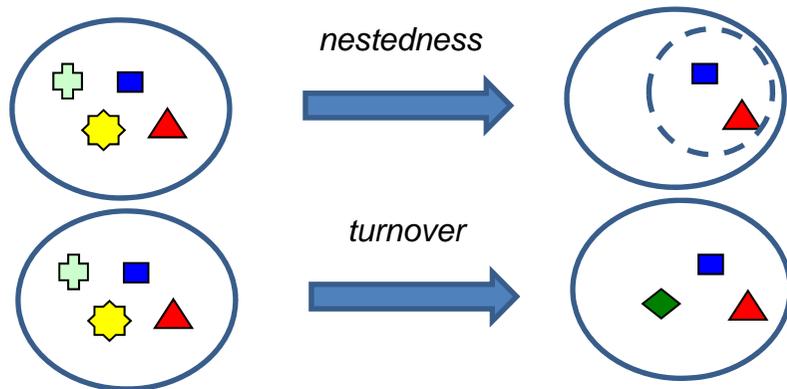
⇒ $y = f(x)$

Compréhension de la dynamique de la **flore des champs cultivés**

1. Introduction (présentation modèle, contexte)
2. **Structuration** de la flore à grande échelle spatio-temporelle
 - a) Comment la flore a évolué depuis les années 1970 et l'intensification des pratiques?
 - b) Quels sont les facteurs qui structurent la flore adventice aux grandes échelles spatio-temporelles?
3. Notion de **spécialisation** à une culture
 - a) Qu'est-ce qui détermine le degré de spécialisation à une culture?
 - b) Quelles pratiques favorisent la spécialisation?
4. Perspectives: des **méta-communautés temporelles**?
 - a) Quel est l'effet de la diversité des rotations sur la diversité et la composition de la flore?
 - b) Effet à long terme des rotations?

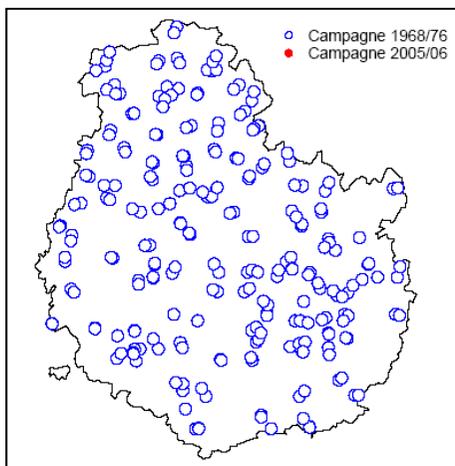
Quelle évolution de la diversité des communautés à 30 années d'intervalles?

- **Intensification** des pratiques agricoles
- **Déclin** de certaines espèces (messicoles)
- **Apparition de nouveaux problèmes** (vulpin résistant aux herbicides)
- Quelle évolution à l'échelle des communautés ?

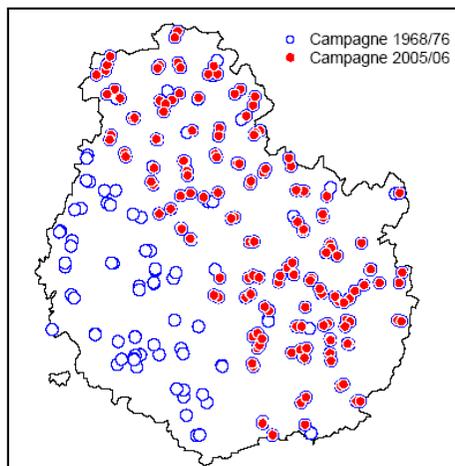


Mesure de la diversité des communautés à 30 années d'intervalles

Campagne de 1968-1976



Campagne de 2005-2006



Retour sur 158 parcelles,
30 ans après :

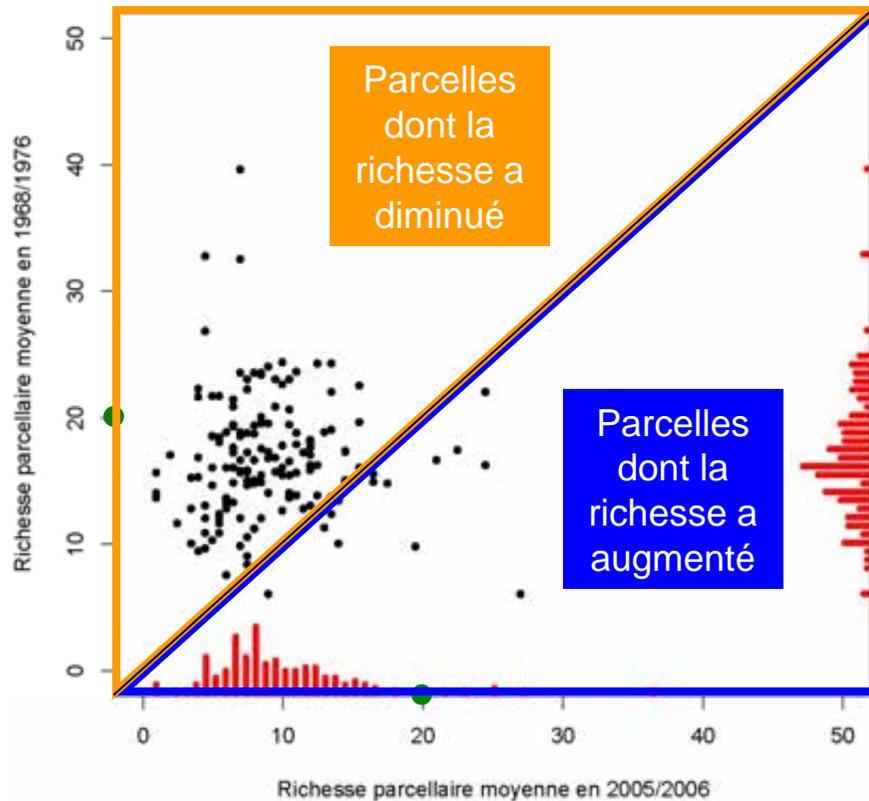
Echantillonnage
de 2 x 2 mois sur 2 ans



Mesurer l'évolution
de la diversité floristique

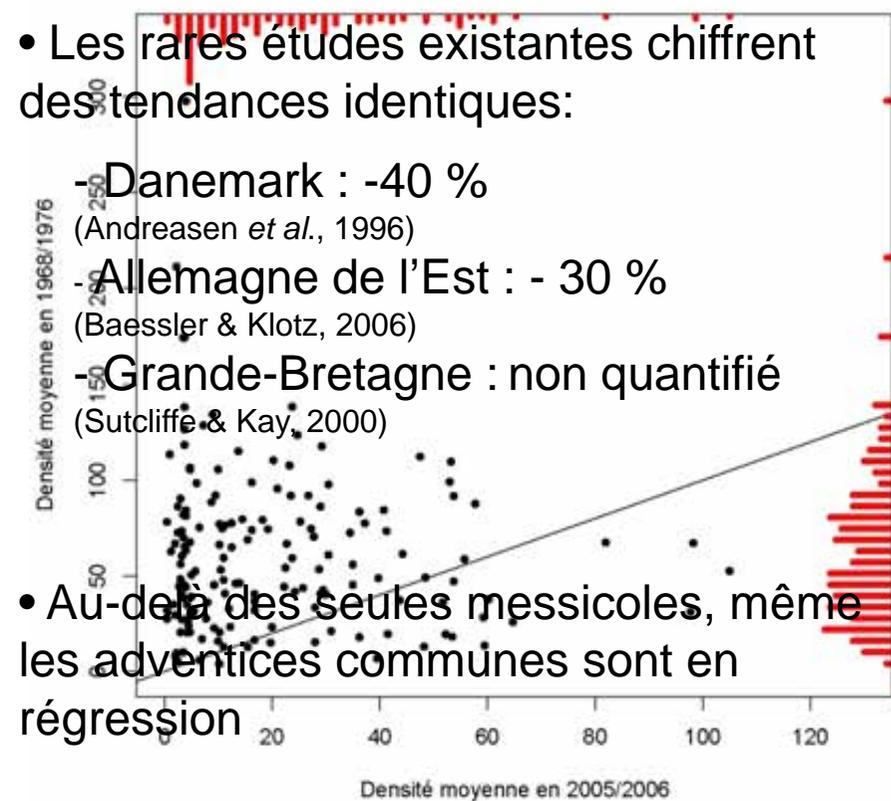
Déclin de la biodiversité floristique dans les champs cultivés depuis 1968. L'exemple de la Côte-d'Or

Évolution de la richesse spécifique



Richesse spécifique (-44%)
 1970s : 16.6 espèces
 2000s : 9.3 espèces

Évolution de l'abondance



- Les rares études existantes chiffrent des tendances identiques:

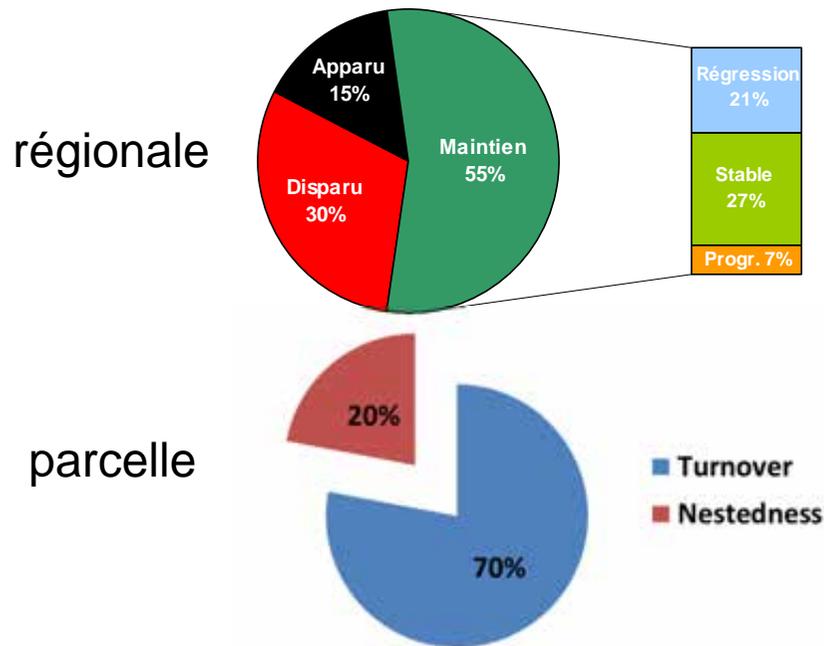
- Danemark : -40 % (Andreasen *et al.*, 1996)
- Allemagne de l'Est : - 30 % (Baessler & Klotz, 2006)
- Grande-Bretagne : non quantifié (Sutcliffe & Kay, 2000)

- Au-delà des seules messicoles, même les adventices communes sont en régression

- Ces dernières présentent néanmoins une plus forte résilience
 Densité moyenne d'adventices/m² (-67%)
 1970s : 61.5 ind.m²
 2000s : 20.2 ind.m²

Toutes les espèces ne sont pas touchées... et certaines semblent avoir été favorisées par les changements

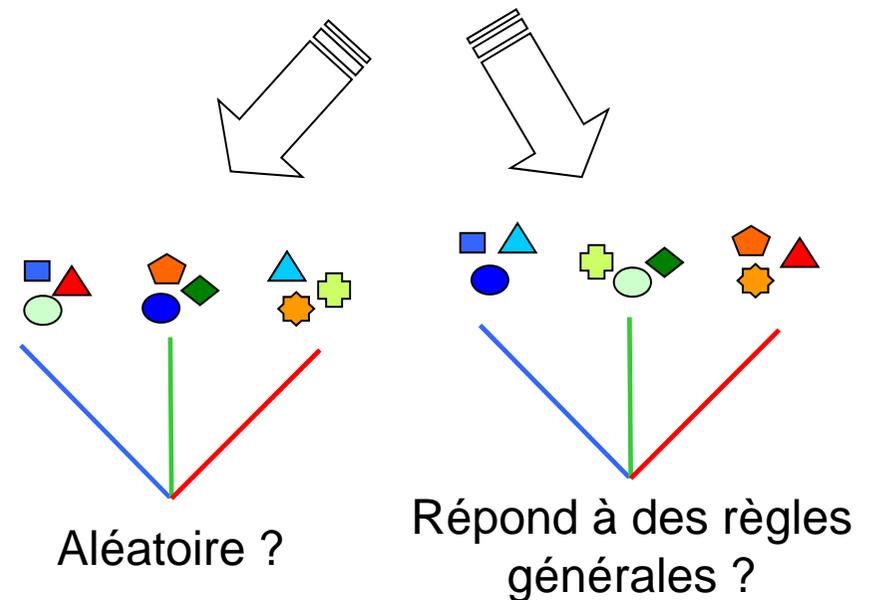
Bilan de l'évolution du statut des adventices depuis 1968



Au cours des trente dernières années il y a eu un tri des espèces

Régression Disparues Stable Progression Apparues

Tri des espèces



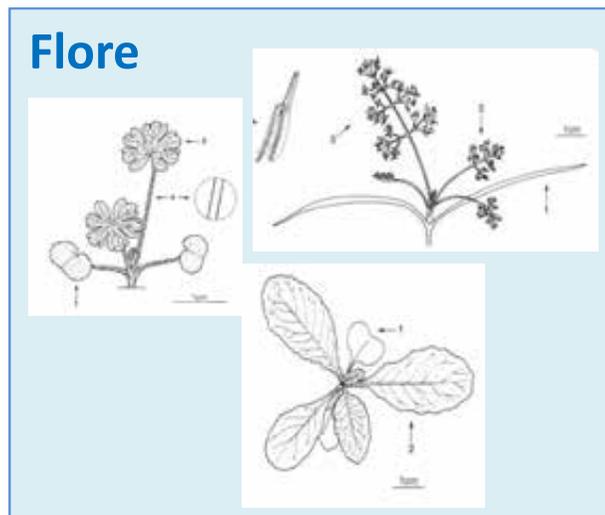
- ▶ Y-a-t'il des règles générales dans le tri des espèces ?
- ▶ Si oui quelles sont ces règles ?

Relier flore et pratiques culturelles



$$y = f(x)$$

Composition ~ techniques culturales + conditions écologiques



~

- **Techniques culturales**

- Culture
- Précédent cultural
- Travail du sol (nombre, nature, prof., date)
- Profondeur de travail max.
- Date de semis

- **Conditions écologiques**

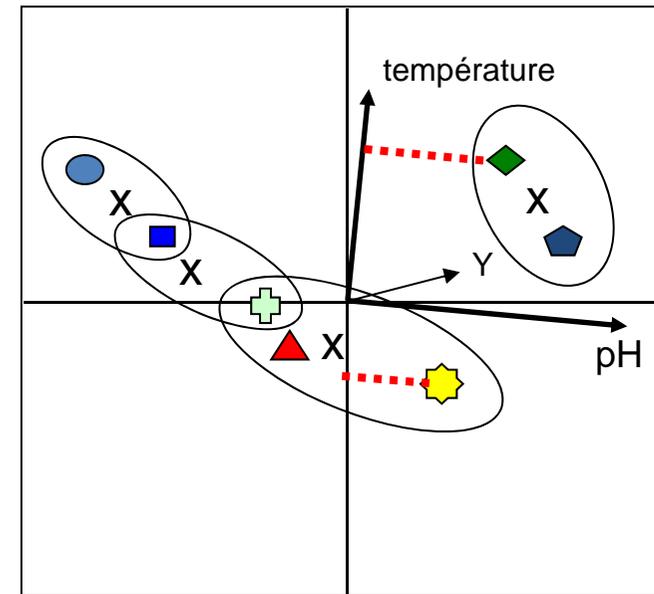
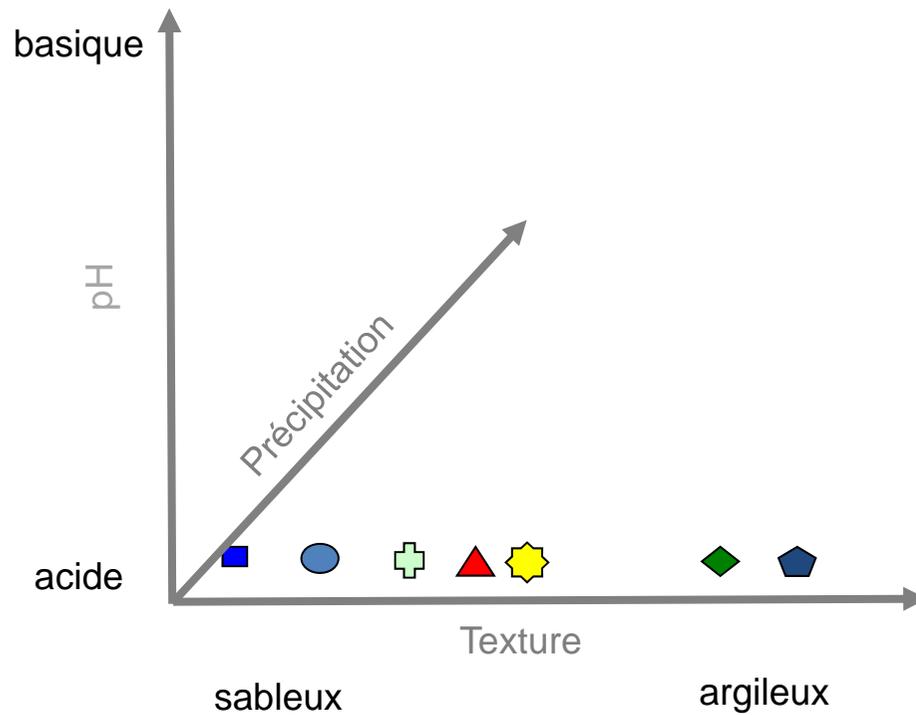
- Position géographique (X, Y, Z)
- pH du sol
- Texture du sol
- Paysage
- Température annuelle moyenne
- Précipitation annuelle moyenne

694 parcelles
213 adventices
14 variables

Mesurer les relations entre la composition des communautés et le milieu : analyses multivariées



Les analyses multivariées permettent d'analyser simultanément l'effet de n variables sur p espèces
Réduit les n-dimensions sur les premiers axes

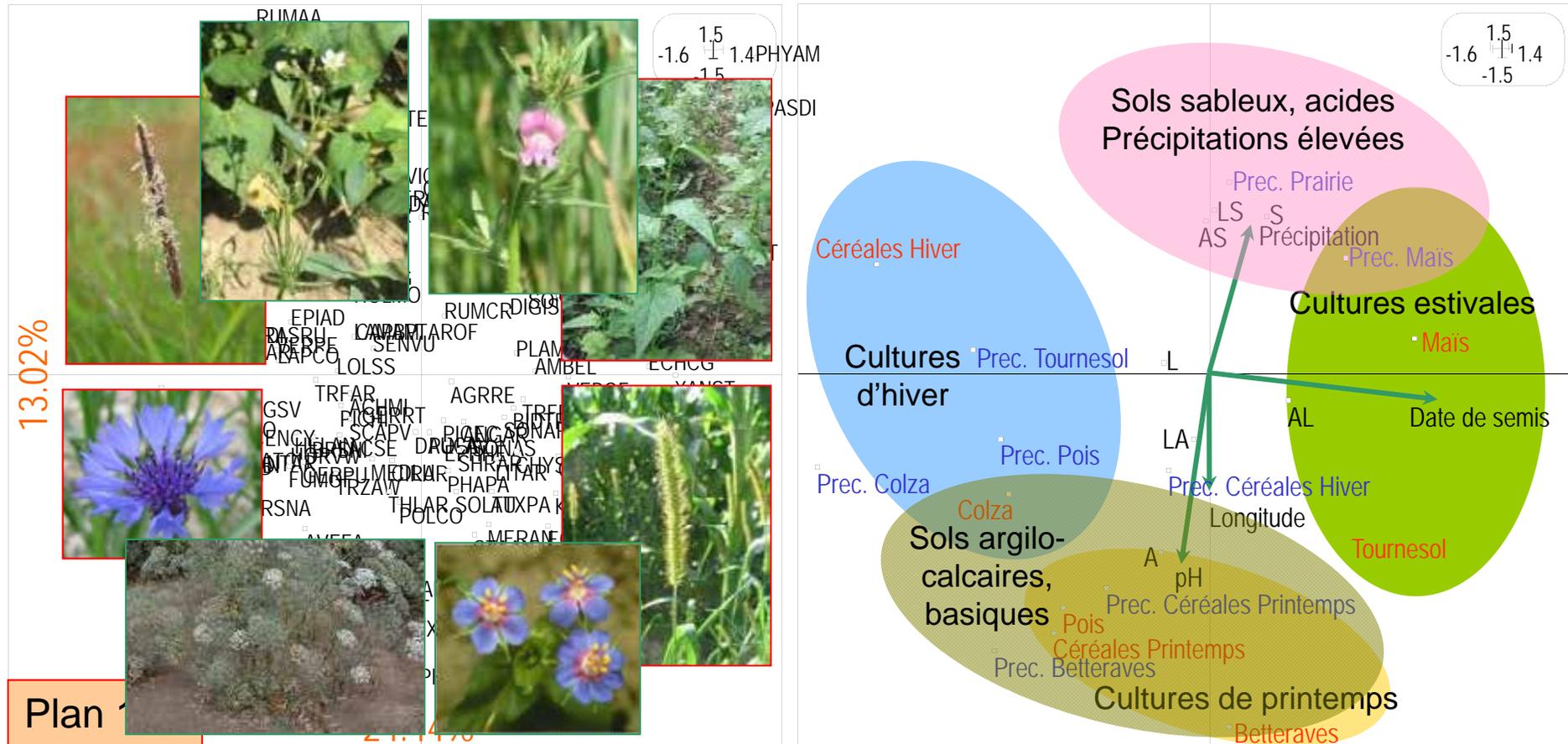


Proximité dans l'espace euclidien
Espèces = comportement écologique semblable
Communauté = composition proche

Variables représentées par des vecteurs
Longueur = pouvoir discriminant
Direction = relation avec les espèces

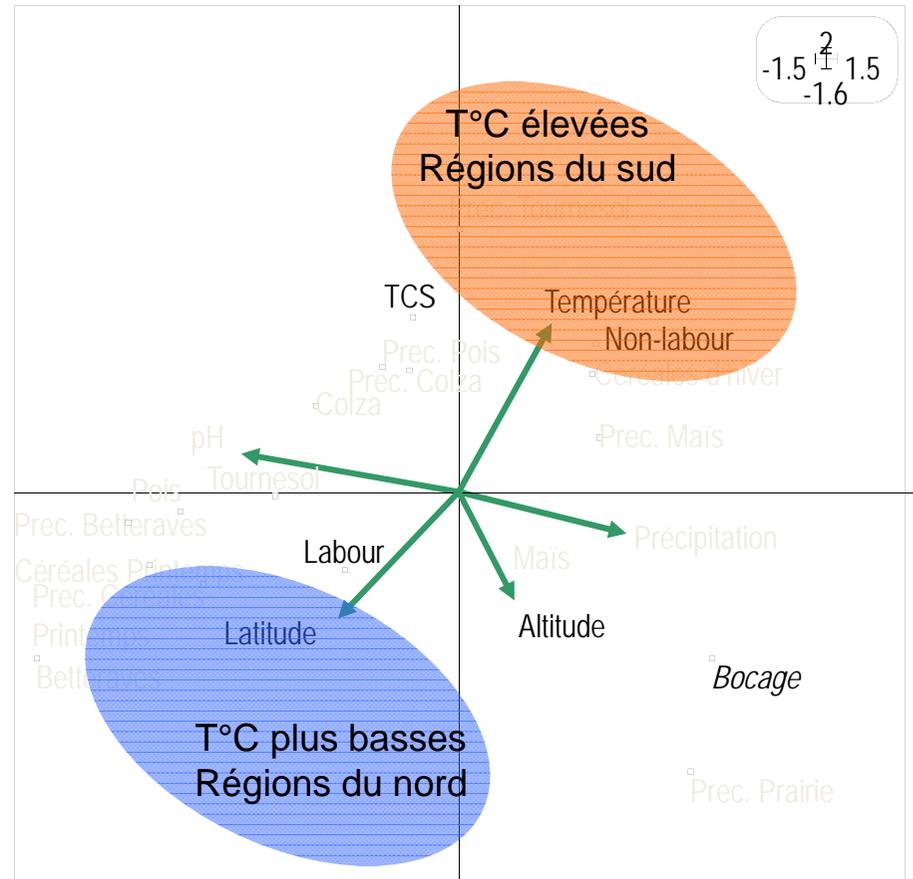
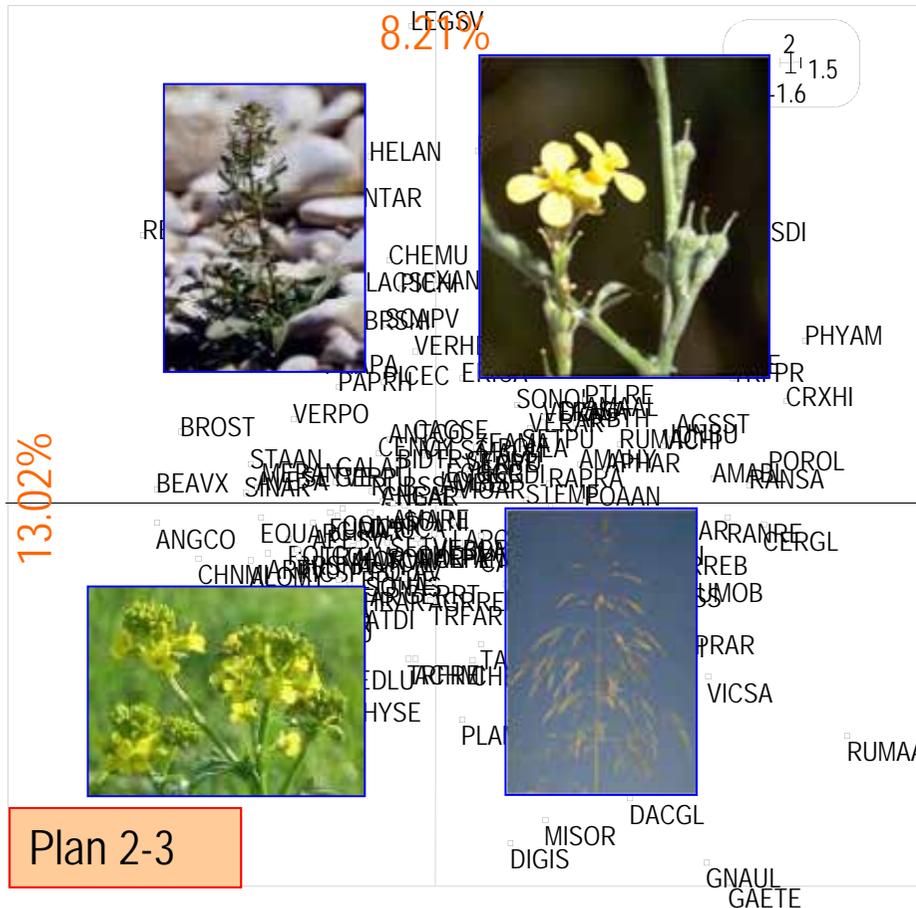
Facteurs structurant la composition des communautés adventices des cultures annuelles

Distribution de 213 adventices en fonction de 14 facteurs mesurés sur 694 parcelles



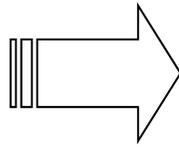
Facteurs structurant la composition des communautés adventices des cultures annuelles

Distribution de 213 adventices en fonction de 14 facteurs mesurés sur 694 parcelles

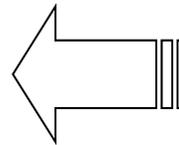


Hiérarchisation du pouvoir explicatif des facteurs

Analyses canoniques des correspondances **partielles (pCCA)** permettent de tester l'**effet net** de chaque variable

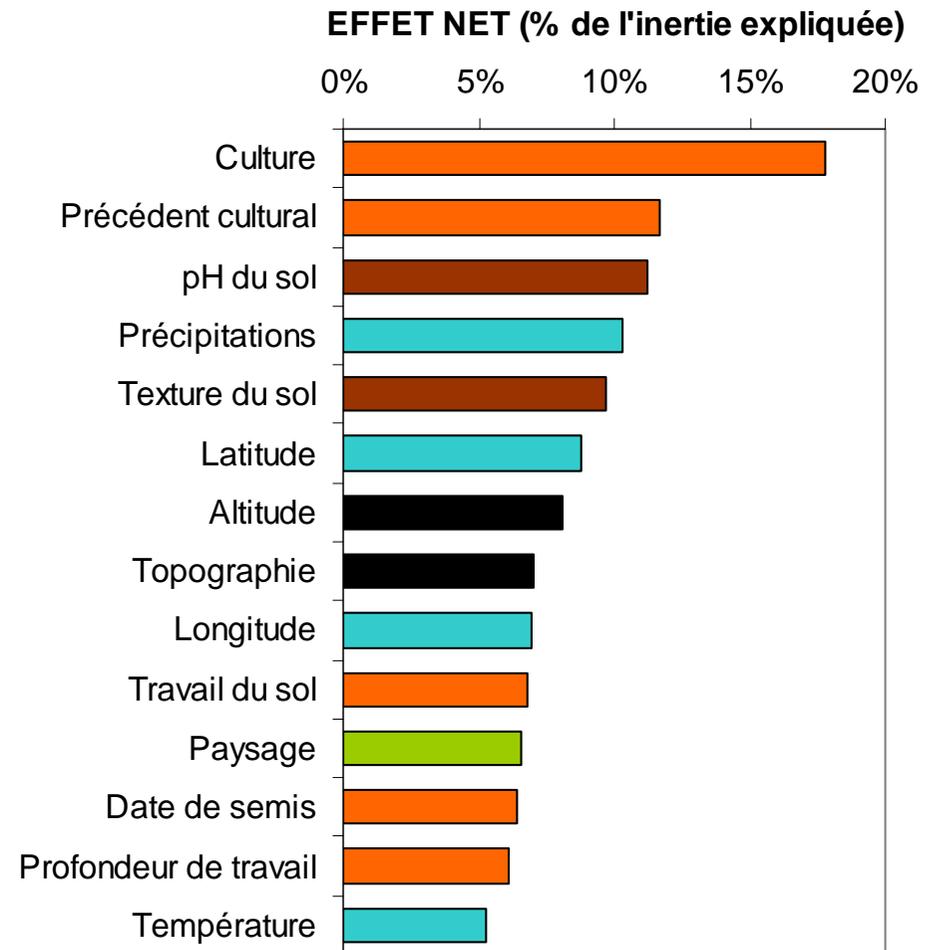


Les facteurs sous l'influence directe de l'homme ont le poids le plus important



► Spécialisation des espèces par culture?

► Quelle est l'ampleur de l'effet d'inertie de la banque de graines

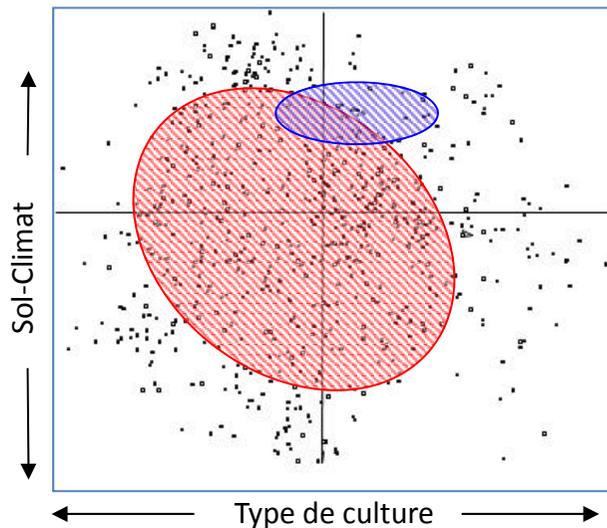


⇒ la notion de **spécialisation écologique** est-elle pertinente pour analyser la dynamique des communautés adventices?

⇒ Peut-on détailler l'**effet culture** (date de semis, herbicides, traits de la culture)?

Importance de la taille de la niche écologique

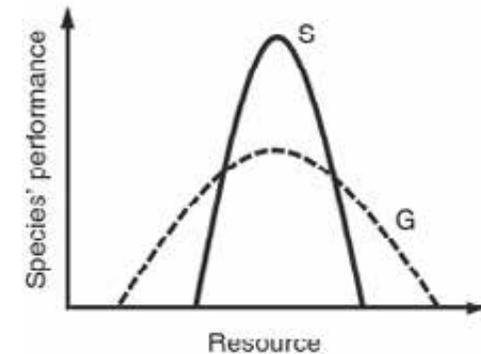
Niche écologique: un hypervolume (une « enveloppe ») où chaque dimension de l'espace représente une ressource (alimentaire, en matériaux, spatiale, offre en cachette, substrats ou perchoirs, etc.) ou une condition (température, précipitations, acidité, etc) de l'environnement. (Hutchinson, 1957)



Une **généraliste** :
le séneçon vulgaire
(*Senecio vulgaris*)



(a) Grinnellian specialization

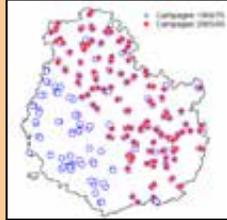


Une **spécialiste** :
la spergule des champs
(*Spergula arvensis*)



Quelle type d'espèces, généralistes ou spécialistes, sont favorisées dans les parcelles cultivées?

Degré de spécialisation

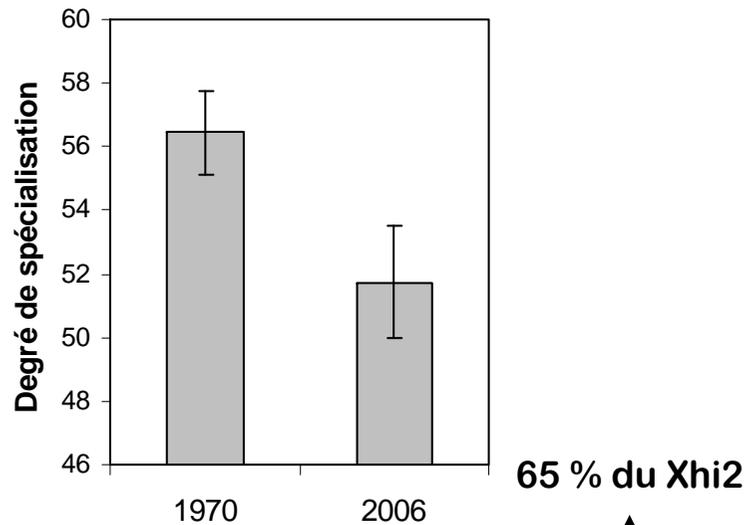


Données analysées

282 relevés 1968-1976

282 relevés 2005-2006

Indice de spécialisation global

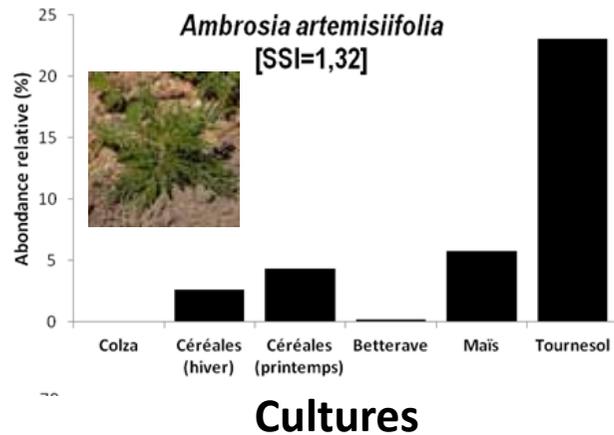


	Généraliste	Intermédiaire	Spécialiste
1970s	-38.28	-29.09	39.75
2000s	38.28	29.09	-39.75

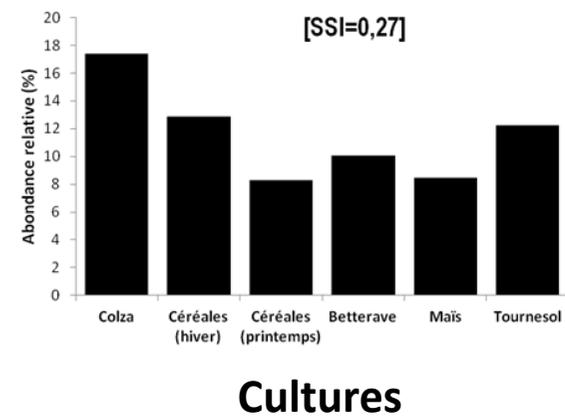
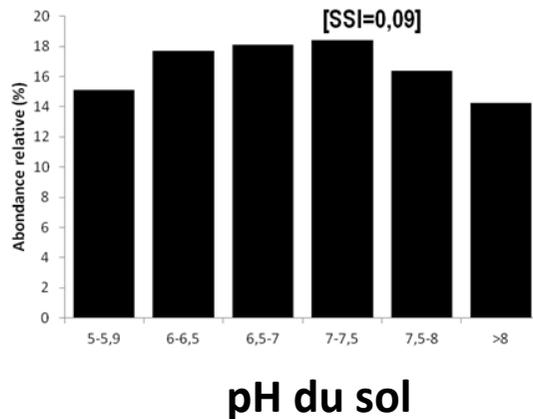
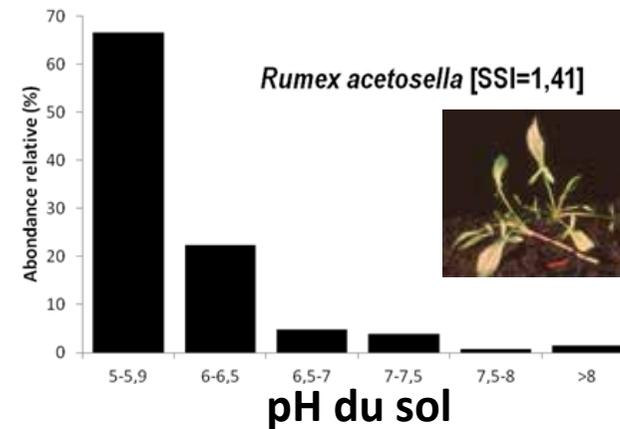
Khi2=84.52 $P < 0.001$

Spécialiste? ... Oui mais de quoi?

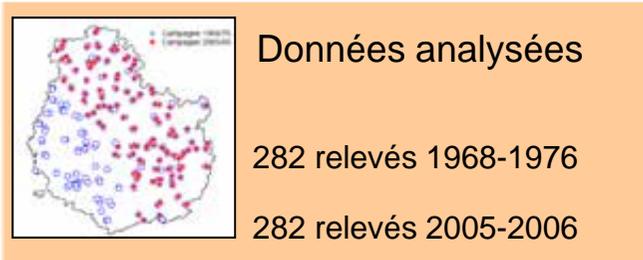
- Des spécialiste d'une culture....



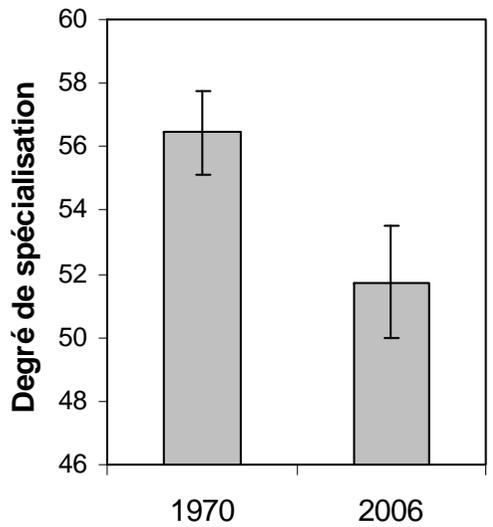
- ... ou d'un type de sol



Degré de spécialisation



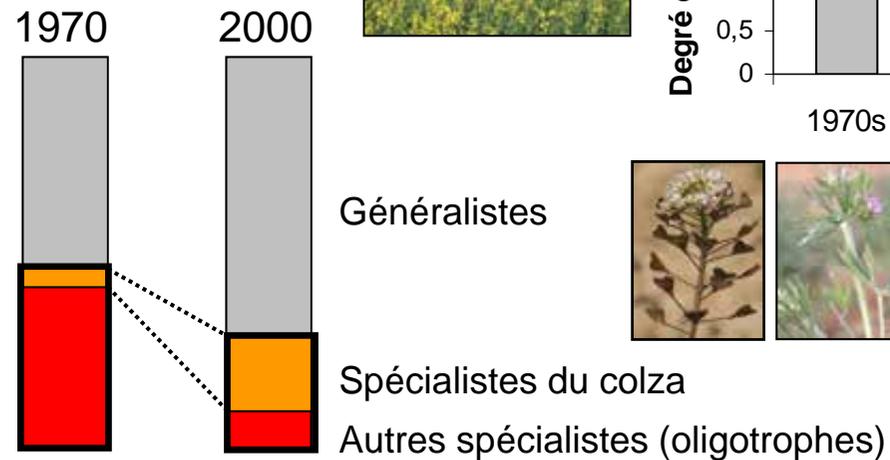
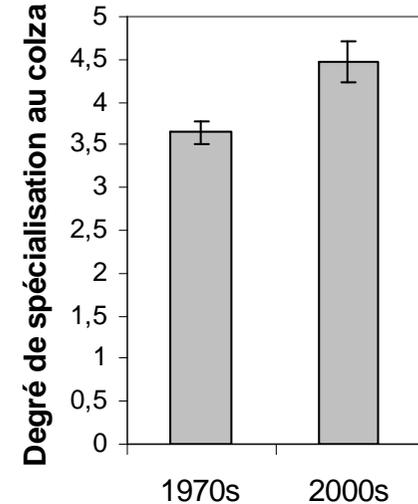
Indice de spécialisation global



65 % du χ^2_2

	Généraliste	Intermédiaire	Spécialiste
1970s	-38.28	-29.09	39.75
2000s	38.28	29.09	-39.75

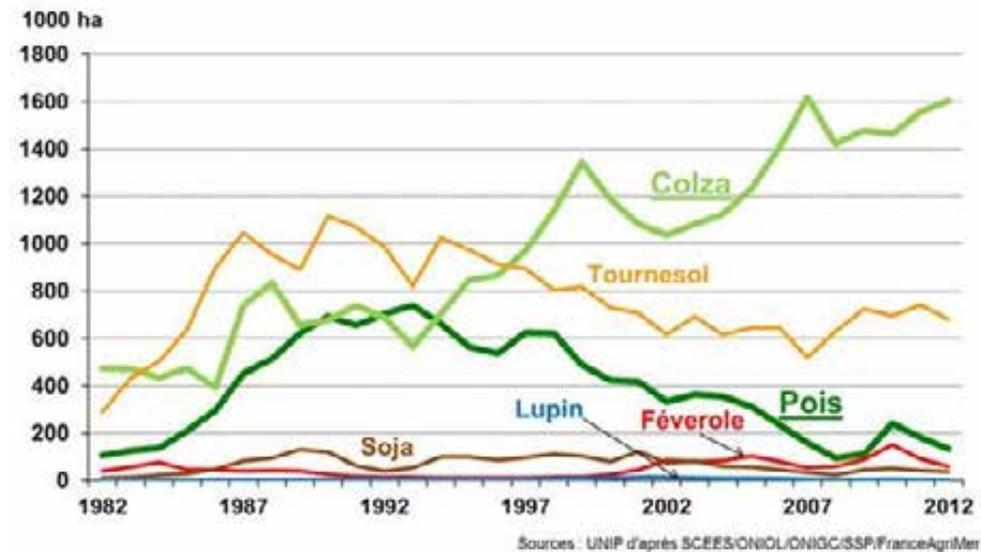
$\chi^2=84.52$ $P<0.001$



⇒ Sélection des espèces généralistes et des spécialistes de culture en progression

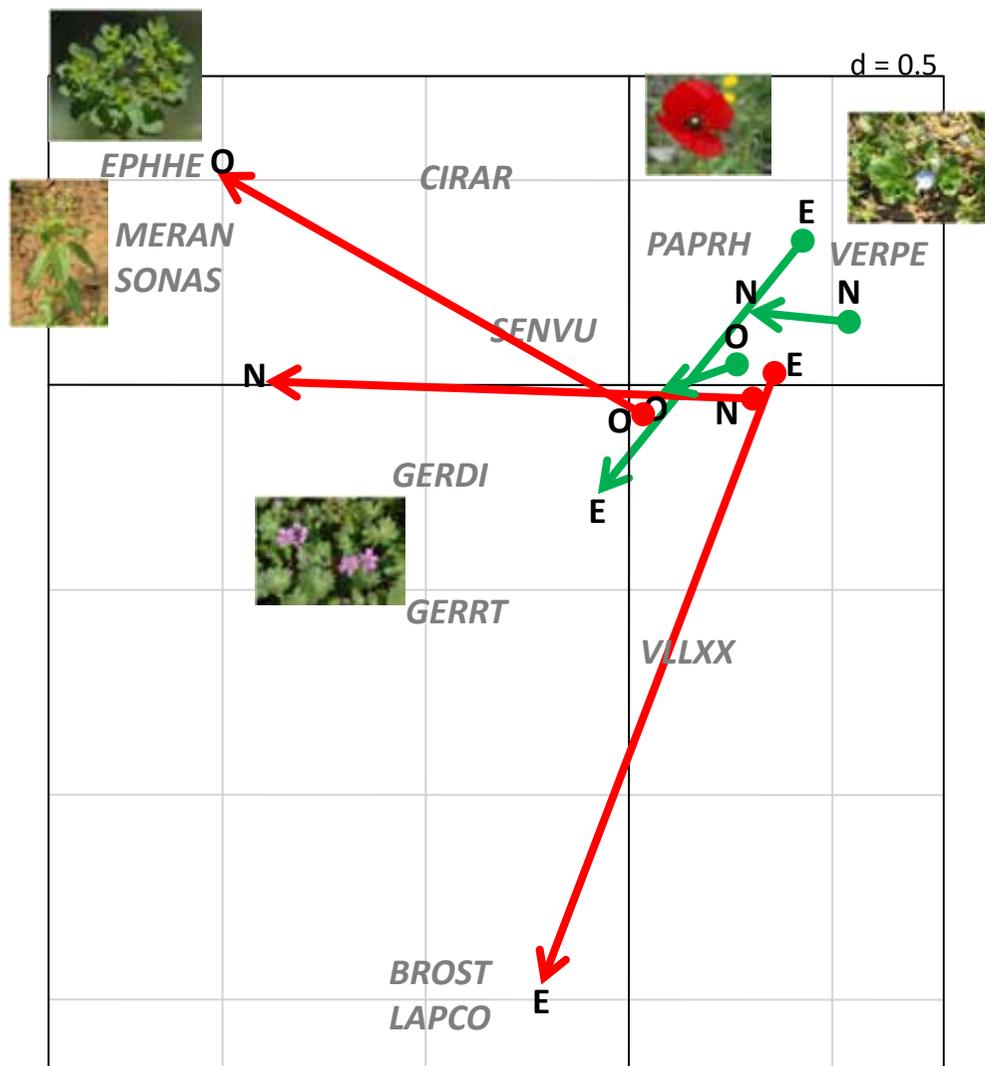
Spécialisation de la flore adventice

L'exemple de la flore du colza (*Brassica napus* L.)



- Existe depuis 2000 ans environ (origine hybride: *B. oleracea* x *B. rapa*)
- Longtemps culture mineure/régionale
- Forte extension à partir des années 1950-70
- Surface x 5 depuis 40 ans; 1,6 million ha en 2007

Trajectoires de la flore du colza et du blé



- 1970s : proximité des flores du colza et du blé

- **Forte modification de la flore du colza**

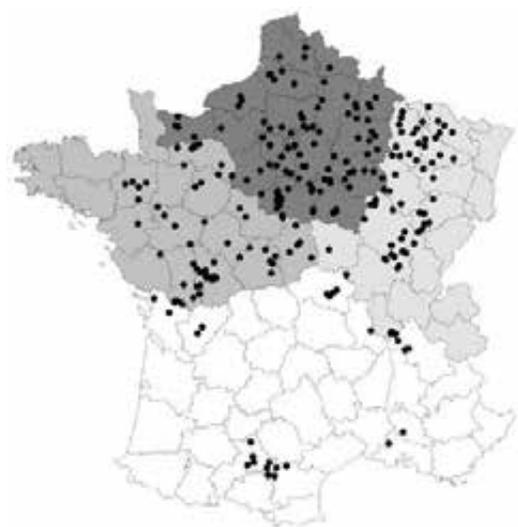
- **La flore du blé suit la trajectoire de celle du colza**

⇒ Certaines espèces sont « **rentrées** » dans les milieux cultivés grâce au colza et débordent dans les autres cultures de la rotation

Légende 1973- 2002-
 1976 2010
 E: Est ; N : Nord-Bassin parisien ; O : Ouest

Spécialisation de la flore adventice

L'exemple de la flore du colza (*Brassica napus* L.)



419 relevés en 2002-2010 ●



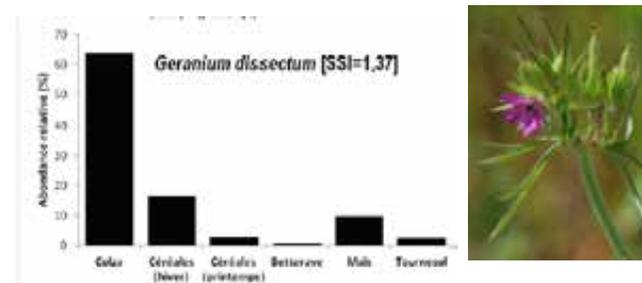
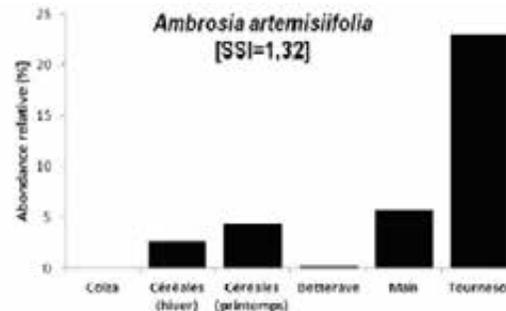
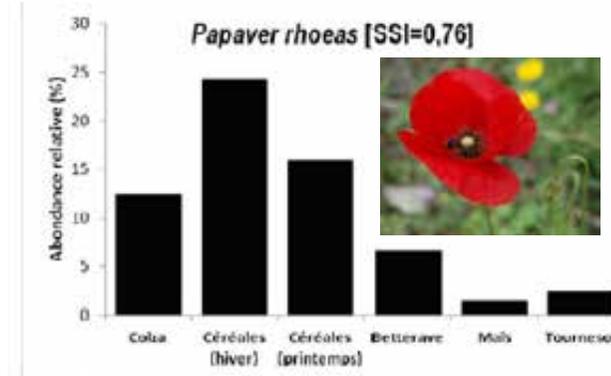
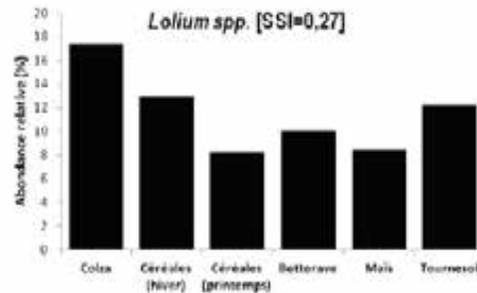
3 manières
complémentaires de
mesurer le **succès** des
espèces adventices dans
le colza?

$$y = f(x)$$

Quels **traits** et quelles
pratiques sont
favorables?

Mesurer le succès des espèces dans le colza

① spécialisation, succès relatif/autres cultures



$$A_{kj} = N_{\text{individuals}_{kj}} / N_{\text{individuals}_{+k}}$$

= spécificité basé sur l'abondance

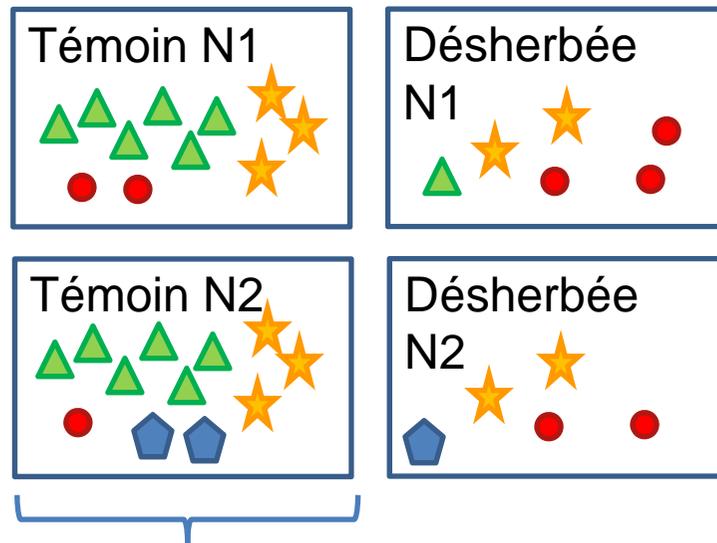
$$B_{kj} = N_{\text{sites}_{kj}} / N_{\text{sites}_{k+}}$$

= fidélité basé sur présence (fréquence)

$$INDVAL_{kj} = A_{kj} B_{kj}$$

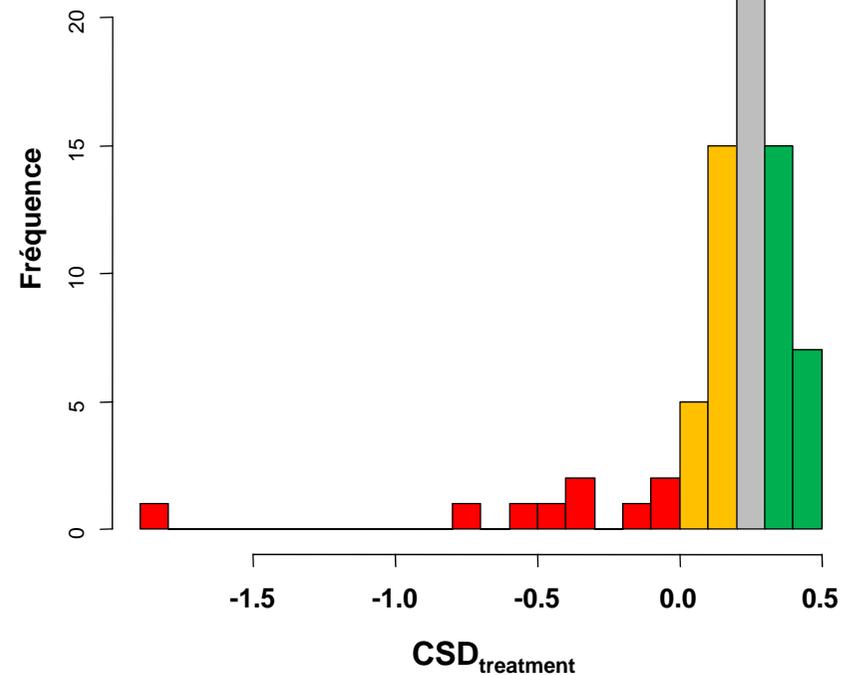
Mesurer le succès des espèces dans le colza

Variations intra-parcellaire des densités



② Indice de changement d'abondance entre zone traitée et non traitée

$CDS_{\text{treatment}} [-2;2]$
Effet des traitements



③ Indice de changement d'abondance en cours de saison ($CDS_{\text{season}} [-1,1]$)
Effet de la compétition avec le colza (fermeture du couvert), phénologie des espèces

Approches fonctionnelles et taxonomiques

✓ Approche traits

Biologique

- **Taille** de la plante
- **Poids des graines**
- Surface spécifique **foliaire**
- **Type biologique**
- **Phénologie cycle de vie**
(date germination, floraison)

Ecologique

- Tolérance à l'ombrage
- Réponse à la fertilisation
- Tolérance aux herbicides

✓ Approche taxonomique

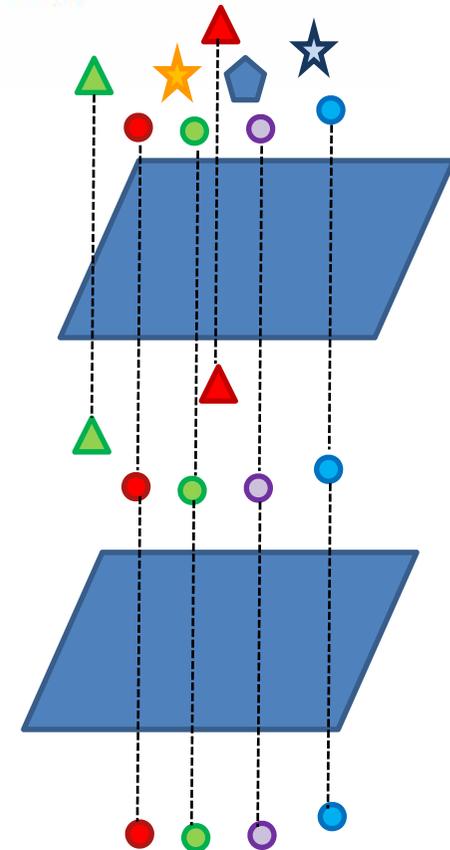
- Espèces d'une même famille partagent traits plus proches
- Espèces appartenant à la même famille que la culture favorisées

REVIEW ARTICLE

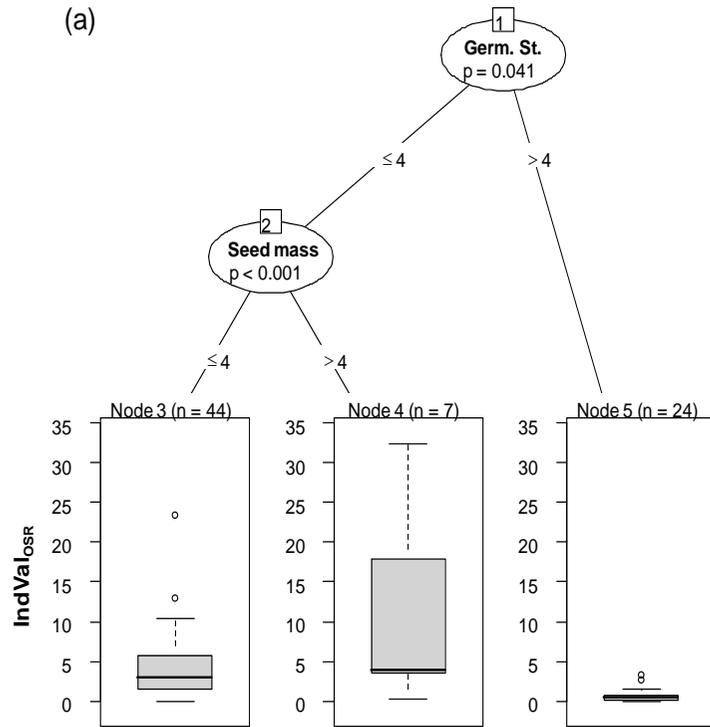
Agroecological weed control using a functional approach: a review of cropping systems diversity

Sabrina Gaba • Guillaume Fried • Elena Kazakou •
Bruno Chauvel • Marie-Laure Navas

Les pratiques agricoles filtrent les espèces en fonction de leur traits

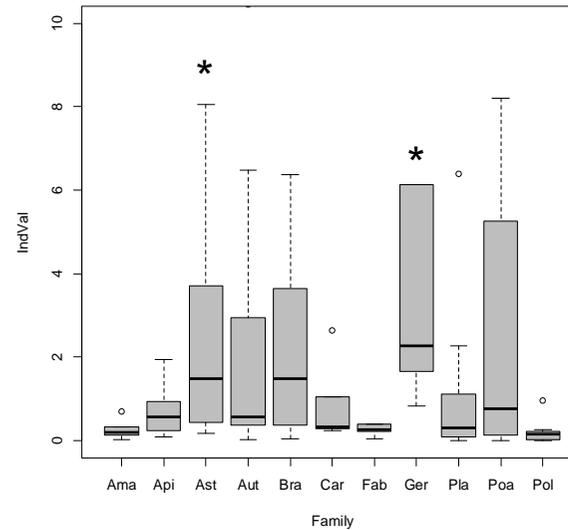


Caractères corrélés à la spécialisation



✓ Approche traits

- **Phénologie**, germination automnale (synchrone avec la culture) $P=0.041$
- **Poids des semences** $P<0.001$



✓ Approche taxonomique

- ++ Geraniaceae (2,23), Asteraceae (1,48)**
- Polygonaceae (0,16)**

Interprétations

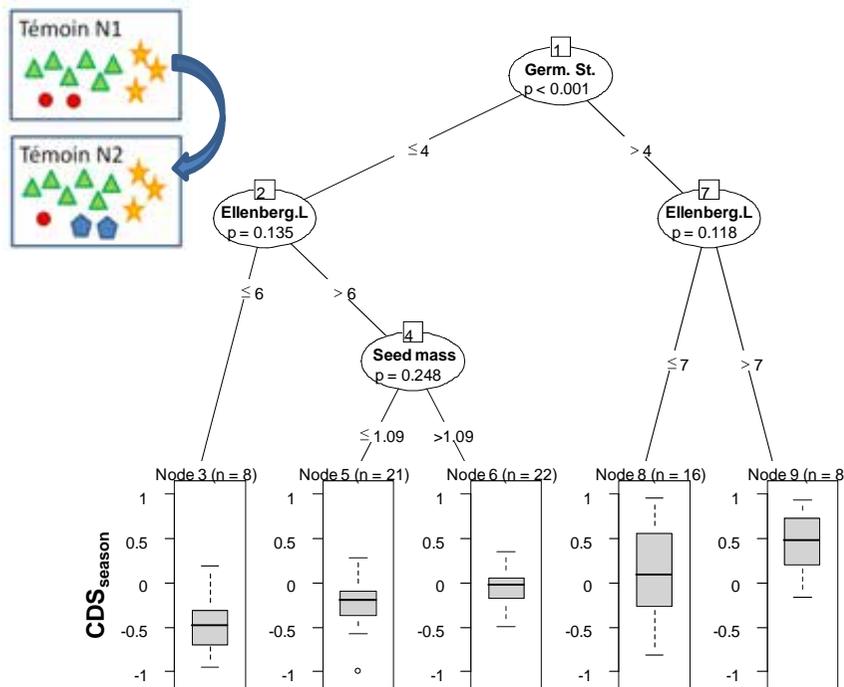
⇒ **Date de semis**

⇒ **Tri des semences ?** (4mg = poids colza!)
(Capacité de compétition/tolérance ombrage)

⇒ **Herbicides** (Geraniaceae, Asteraceae)

Capacité de persister dans le colza

(Δ densités entre automne et printemps)



✓ Approche traits

- **Phénologie** : germination automnale (synchrone avec la culture)
- Tolérance à l'ombrage ($P=0.135$; $P=0.118$)

✓ Approche taxonomique

- ++ Apiaceae (-0,42), Caryophyllaceae (-0,61)**
- **Amaranthaceae (0,75)**

⇒ Interprétations

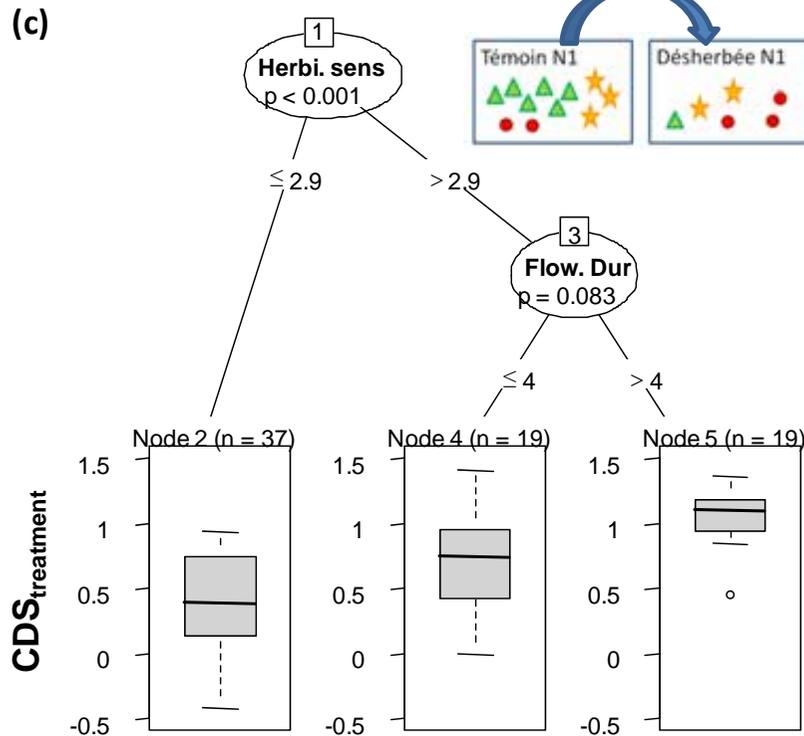
Deux stratégies parmi les adventices

- Germer avec la culture
- Germer plus tard mais tolérer l'ombrage

Date de semis

Date de fermeture du couvert

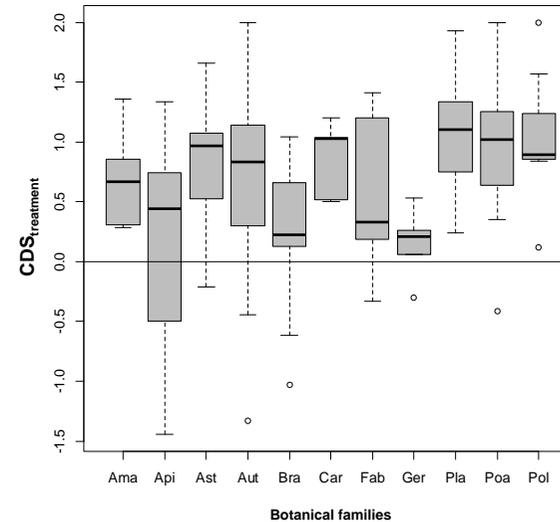
Capacité de persister dans les zones désherbées (Δ densités entre zones témoins et traitées)



✓ Approche traits

- Tolérance aux herbicides du colza
- **Phénologie** : durée de floraison

✓ Approche taxonomique

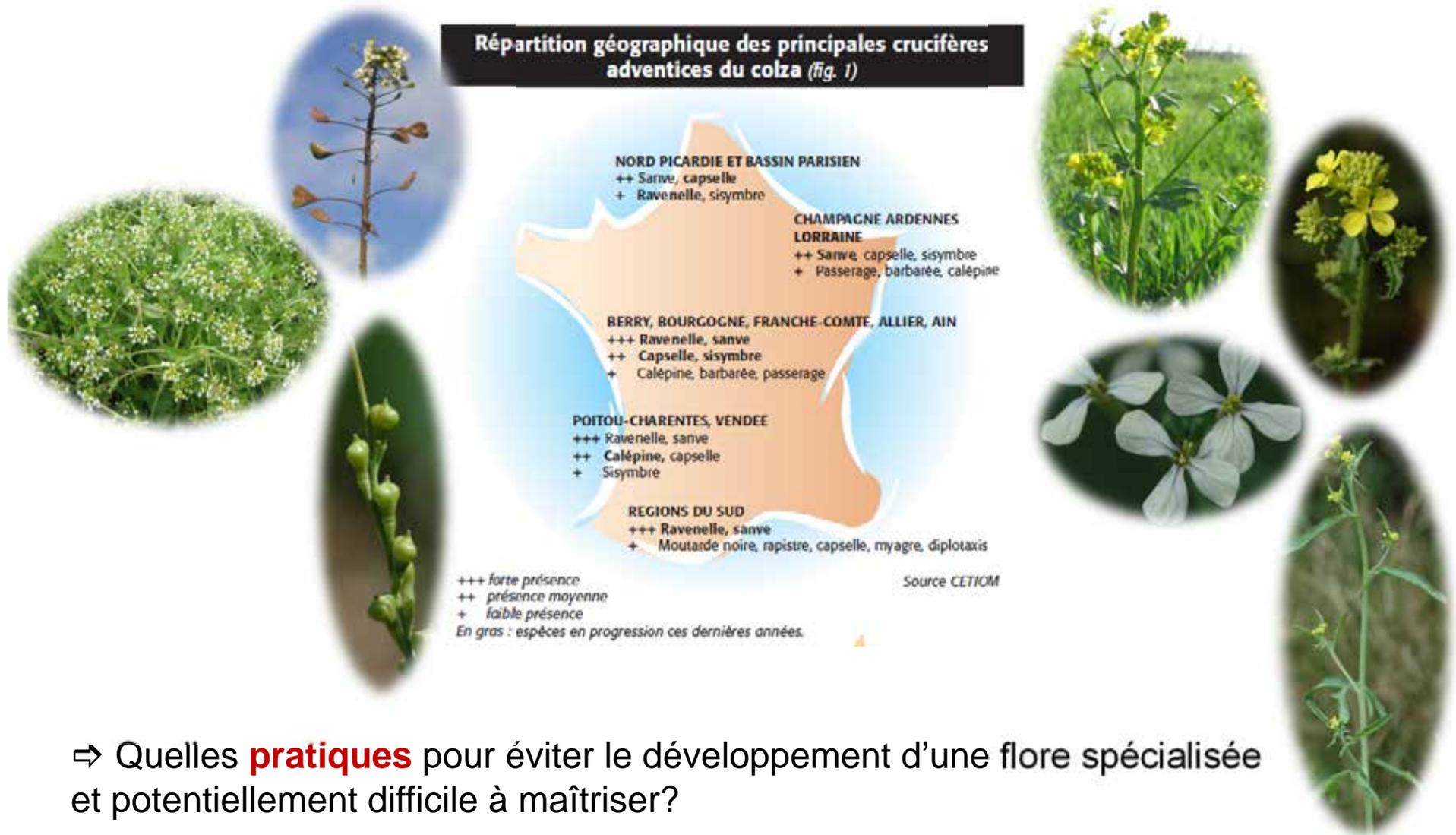


++ Brassicaceae (0,22)
- Poaceae (1,02)

⇒ **Interprétations agronomiques**
 Herbicides sélectionnent les espèces mimétiques de la culture + **cycle court**
 Une forme d'effets non-intentionnels

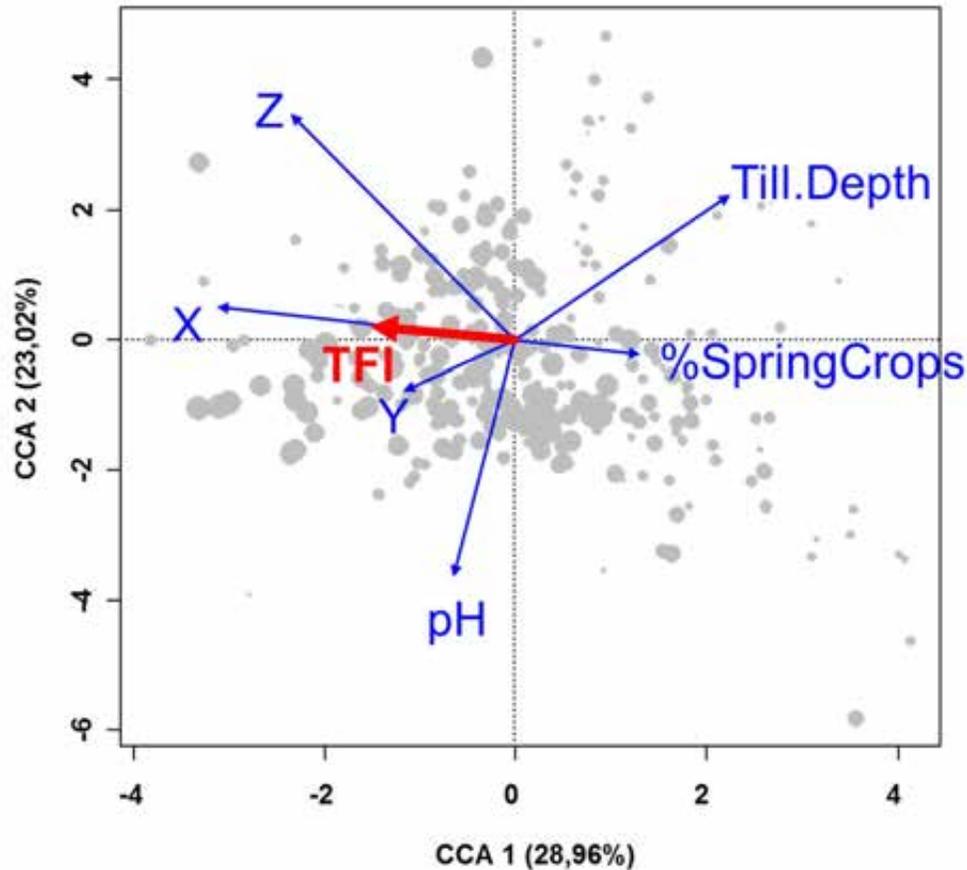
⇒ **Interprétations écologiques**
 Convergence phylogénétique

Crucifères adventices perçues comme un problème par les agriculteurs



⇒ Quelles **pratiques** pour éviter le développement d'une flore spécialisée et potentiellement difficile à maîtriser?

Leviers de pilotage de la trajectoire de la flore du colza



-
-
- Pondere l'abondance des espèces par leur degré de spécialisation

Variable	F-ratio	Pvalue
Prof. labour	2,51	0,001***
IFT Herbicides	1,45	0,445
%Cultures de printemps	1,66	0,282
Longitude	2,97	0,001***
Latitude	2,29	0,021**
Altitude	3,15	0,008**
pH	2,14	0,013*

Composition des communautés (présence/absence des espèces)

⇒ **Facteurs pédoclimatiques**

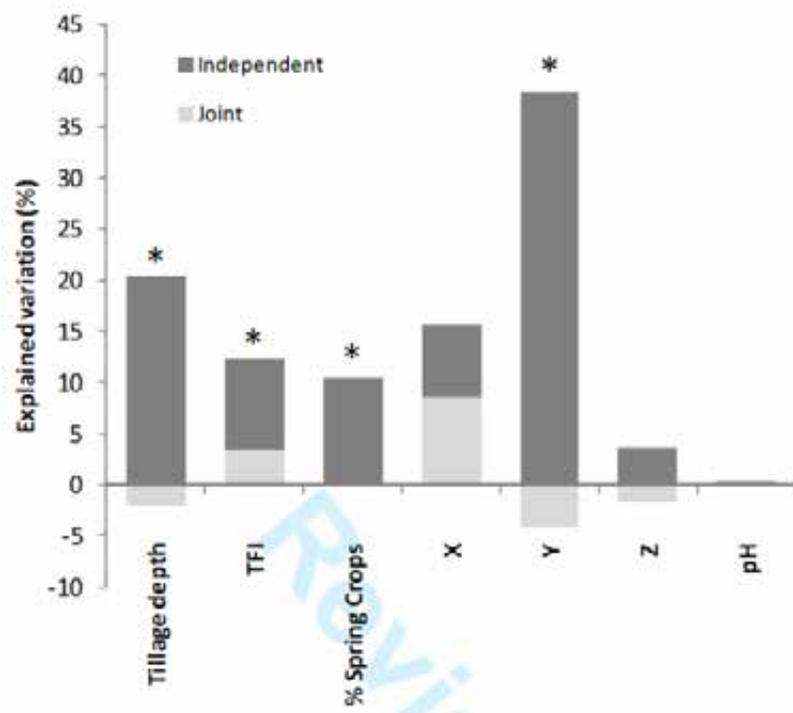
- Plaines de l'ouest / plateaux calcaires de l'Est

- pH du sol

⇒ **Modes de travail du sol**

Lien entre pratiques et degré de spécialisation

Modèle linéaire mixte



Explanatory variables	Z-value	P(> z)
Management variables		
Tillage depth	-5.054	<0.001
% Spring crops	-2.704	0.002
TFI	3.059	<0.001
Environmental conditions		
Longitude (X)	1.944	0.052
Latitude (Y)	6.559	<0.001
Altitude (Z)	0.472	0.637
pH	-0.810	0.417

Analyse de partition de la variance

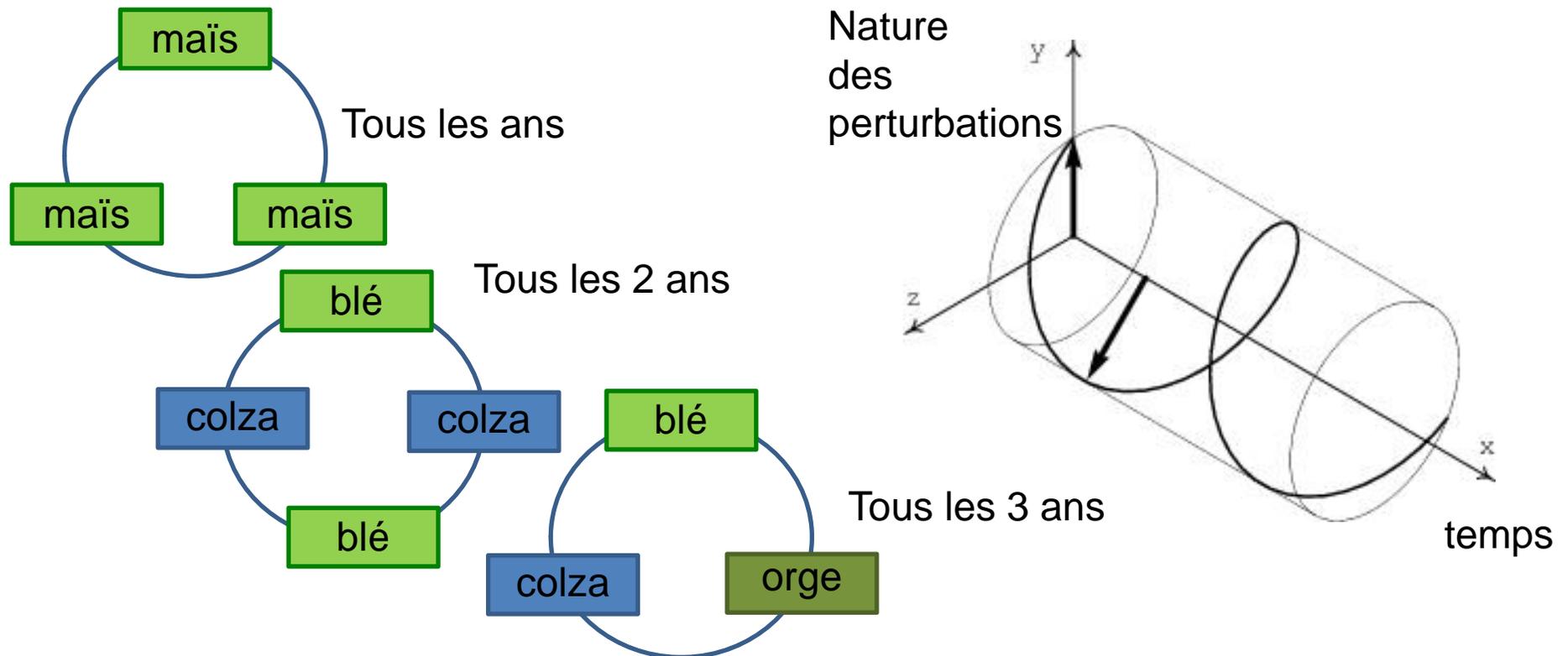


Interprétations

- Latitude (liée à l'histoire de culture du colza, plus récente dans le Sud)
- **Labour profond** (mélange stock de semences?)
- IFT : pression herbicide réduite
- **Diversification des rotations** (introduction de cult. printemps)

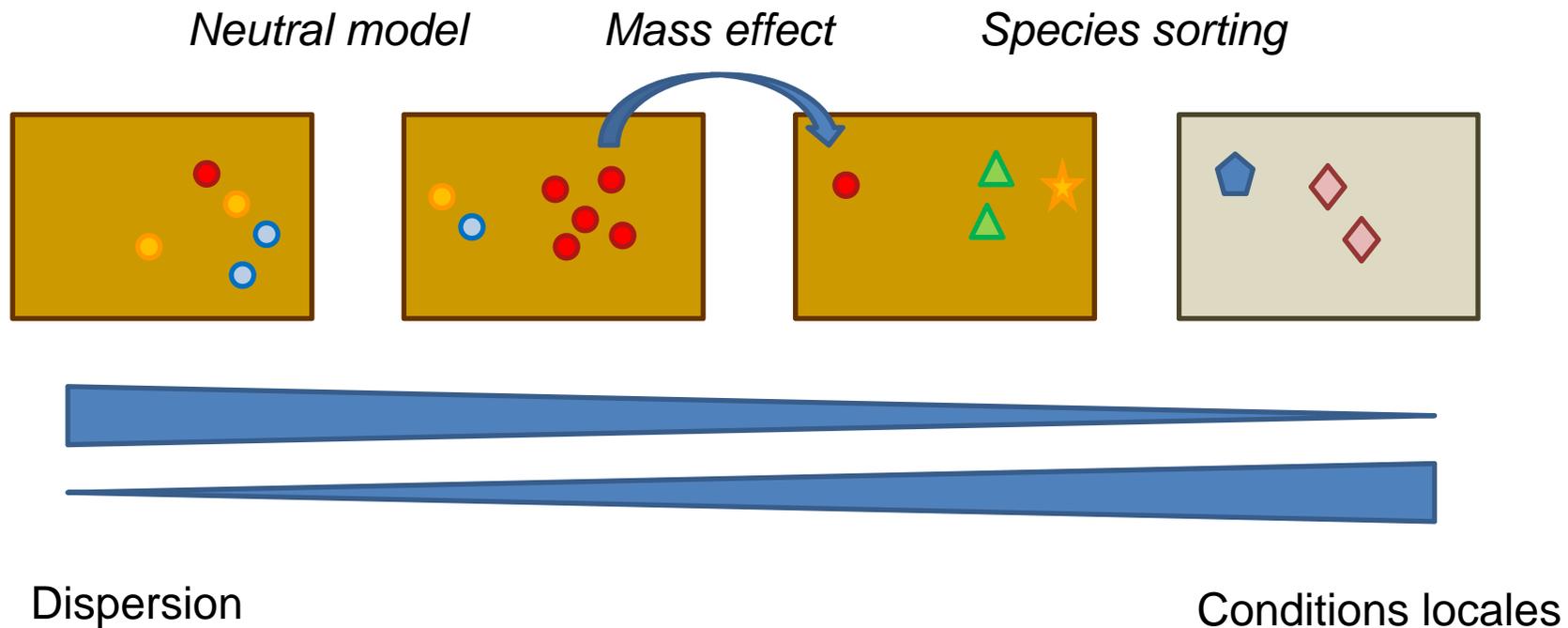
Réflexions sur la particularités des parcelles cultivées

- Milieu **perturbé annuellement**
- Nature des conditions écologiques et perturbations variables : nature de l'espèce dominante et pratiques associées plus ou moins variables dans le temps (**hétérogénéité temporelle**) et plus ou moins répétitives (**rotation**)



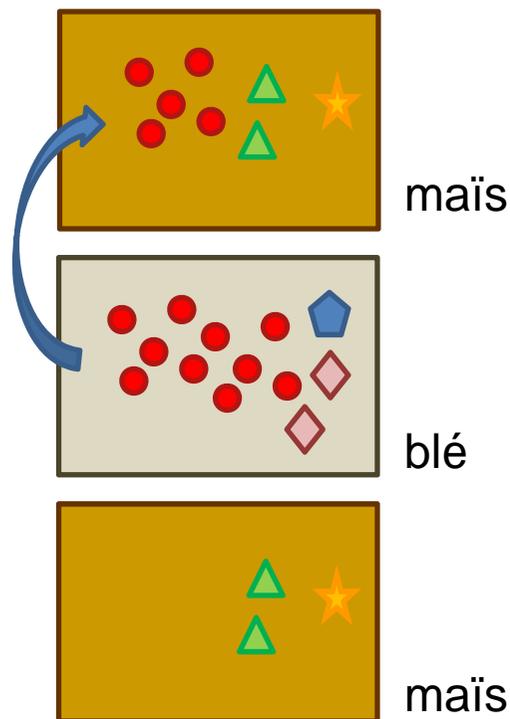
Des méta-communautés temporelles ?

Méta-communauté : ensemble de communautés reliées **dans l'espace** par la dispersion d'espèces potentiellement en interactions



Des méta-communautés temporelles

Méta-communauté : ensemble de communautés reliées **dans le temps** par la dispersion d'espèces potentiellement en interactions dans la banque de graines



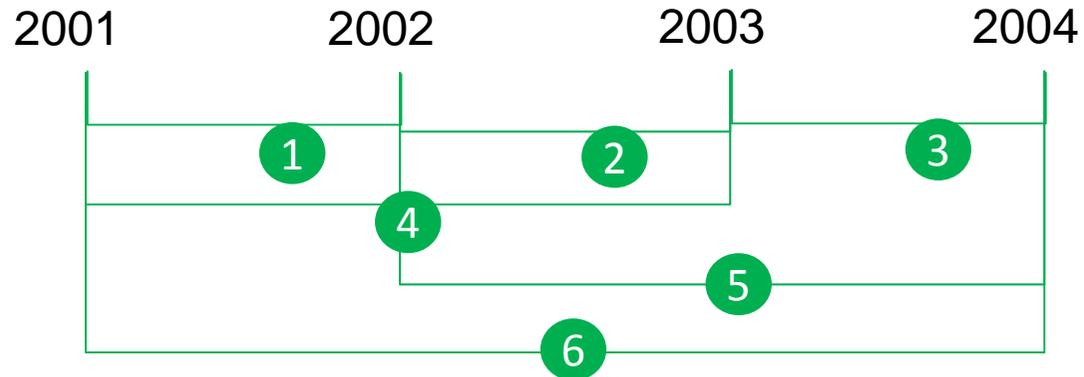
Hypothèse 1 : fort effet de la **dispersion temporelle** : abondance d'une espèce l'année N, dépend plus de la production de graines les années précédentes que des conditions locales de l'année N

Hypothèse 2 : effet prépondérant des **conditions locales** (culture et pratiques de l'année N) qui filtre la flore

Thèse Lucie Mahaut (2014-2017)

Calculs des distances

Pour chaque parcelle:
calcul de distances à
partir de toutes les
paires de **campagne**



- Distance **temporelle** : années séparant les relevés
- Distance **floristique** (Jaccard, Bray-Curtis) : différence de composition de la flore entre les relevés
- Distance **environnementale** : distance entre les caractéristiques de la culture
 - Date de semis
 - Capacité de compétition
 - « architecture »,
 - « espacement des rangs »,
 - « hauteur »,
 - « masse propagule »

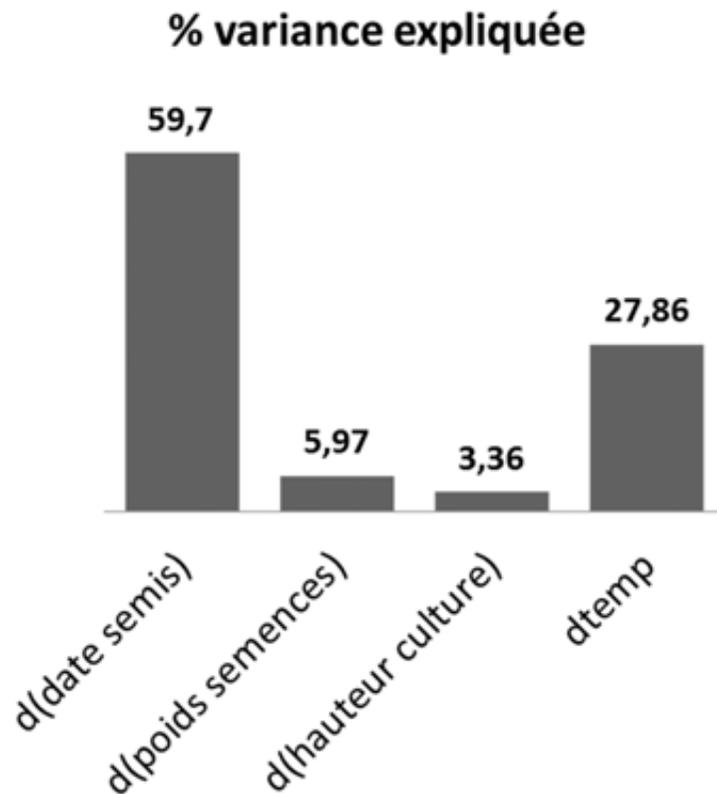
Thèse Lucie Mahaut (2014-2017)

Premiers résultats

Modèles

Distance floristique \sim denv+dtemp+ (1 | Parcelle),

Distance floristique \sim d(date de semis)+d(traits de la culture)+dtemp+ (1 | Parcelle)



⇒ Différence de composition entre communauté dans le temps dépend surtout des **conditions locales (60%)** à travers les variations de date de semis

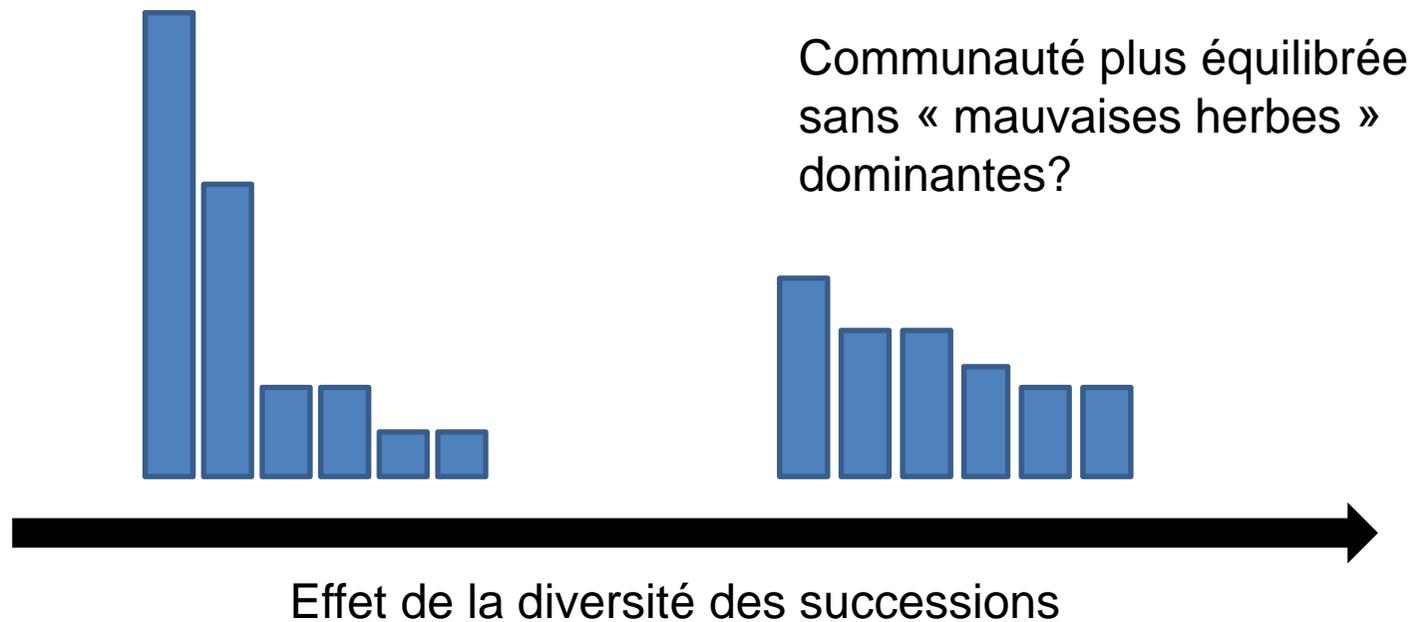
⇒ **L'effet temporel** joue également (**28%**) : inertie de la banque de graines

⇒ **Les traits de la culture** ont une influence plus marquée sur les différences d'abondance (**14,17%**): **effet de la compétition?**

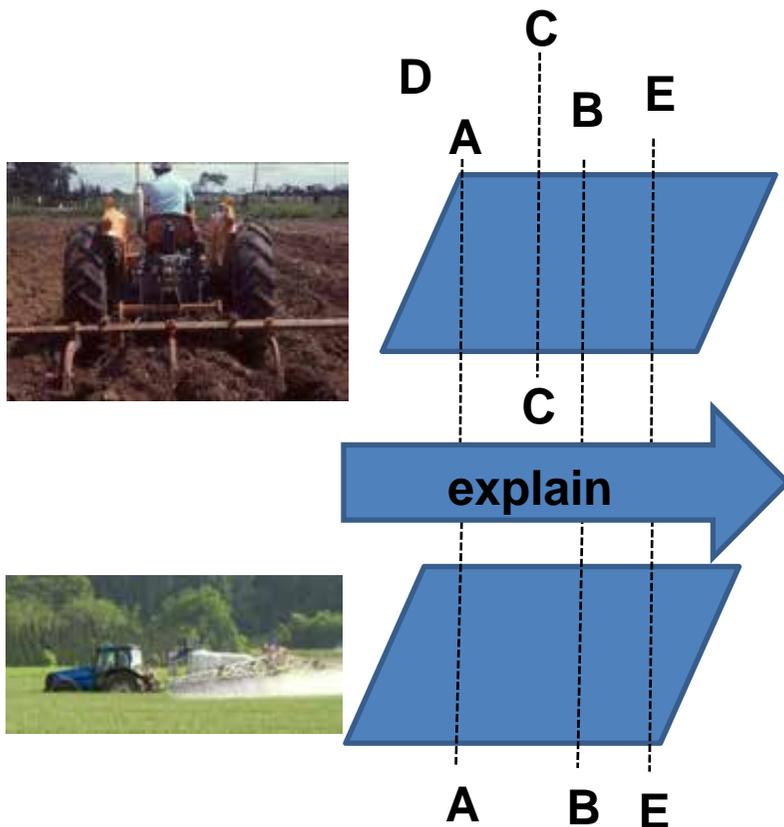
Thèse Lucie Mahaut (2014-2017)

Perspectives

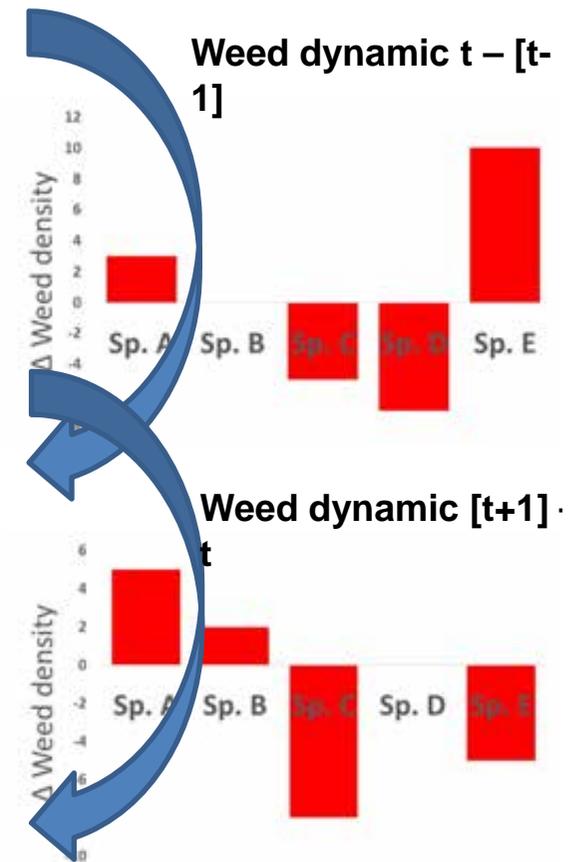
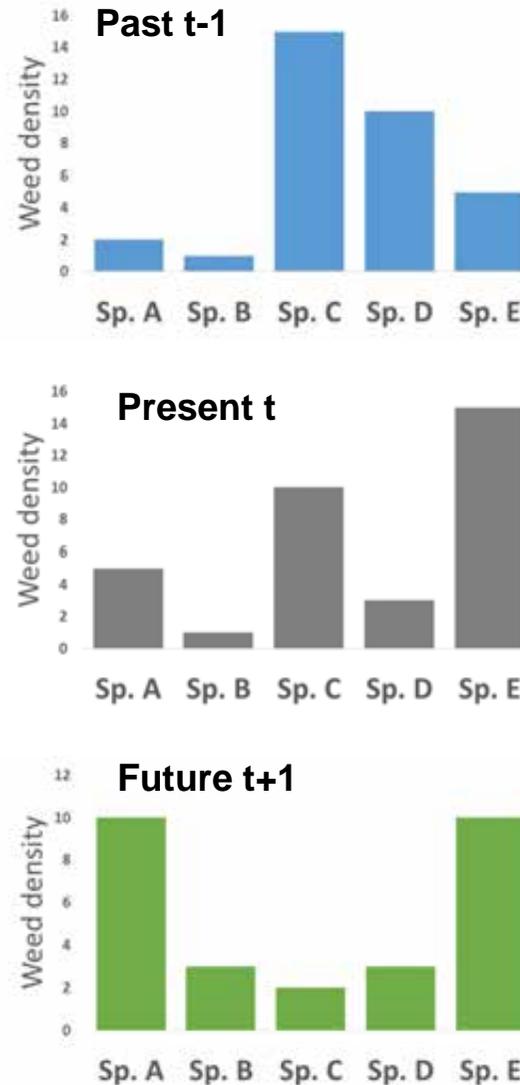
- Améliorer le modèle en introduisant la **variabilité du spectre herbicides** associé à chaque culture
- Se focaliser sur une culture (blé) et mesurer **l'effet de la diversité des successions** (des N années précédentes) sur la **structure de dominance** des communautés



Les pratiques agissent comme des filtres: nécessité d'analyser la dynamique plutôt que l'état



This study showed the importance of analyzing **weed dynamics** rather than species abundance at a given time t



Conclusions

- Fortes variations dans le temps à différentes échelles : long terme (**décennies**), court terme (**saison**) et moyen terme (**rotation**)
- Rôle important des herbicides et des modifications de date de semis (rotation) dans la trajectoire des flores
- **Des limites** : approche corrélative, grosse base de données : variabilité des compétences (bruit de fond)
- **Rôle** : détecter les grandes tendances ; oriente les choix (Ecophyto) ou les questions à creuser de manière expérimentale



Biovigilance - Remerciements



Ministère de l'Agriculture
DGAI (Jérôme Jullien, Frédéric Vey)



Tous les **agents des SRAI et FREDON** ayant collectés les données

Les **agriculteurs** participants au réseau



UMR Agroécologie: Xavier Reboud, Bruno Chauvel, Sandrine Petit, Sabrina Gaba, Benjamin Borgy, Lucie Mahaut



ANR Vigweed

Biovigilance - Bibliographie

Fried, G., Chauvel, B., Reboud, X., 2015. Weed flora shifts and specialisation in winter oilseed rapé in France. *Weed Research*, 55: 514-524

Fried, G., Chauvel, B., Reboud, X., 2013. Exploitation des données d'épidémiosurveillance à l'échelle de la décennie : les pratiques culturales en colza influencent aussi indirectement la composition de la flore adventice du blé d'hiver. **22^e Conférence du COLUMA - Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes**. AFPP, Dijon, France, 10-12 Décembre 2013, 153-162.

Borgy, B., Gaba, S., Petit, S., Reboud, X., 2012. Non-random distribution of weed species abundance in arable fields. *Weed Research* 52, 383-389

Fried, G., Kazakou, E., Gaba, S., 2012. Trajectories of weed communities explained by traits associated with species' response to management practices. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 158: 147-155. doi 10.1016/j.agee.2012.06.005

Gunton, RM, Petit, S., Gaba, S., 2011. Functional traits relating arable weed communities to crop characteristics. *Journal of Vegetation Science* 22 541-550.

Fried, G., Petit, S., Reboud, X., 2010. A specialist-generalist classification of the French arable flora and its response to changes in agricultural practices. *BMC Ecology*, 10:20 doi:10.1186/1472-6785-10-20

Fried, G., 2010. Variations spatiales et temporelles des communautés adventices des cultures annuelles en France. *Acta Botanica Gallica* 157 : 183-192.

Fried, G., Chauvel, B., Reboud, X., 2009. A functional analysis of large-scale temporal shifts from 1970 to 2000 in weed assemblages of sunflower crops in France. *Journal of Vegetation Science*, 20 : 49-58. doi: 10.3170/2008-8-18465

Fried G., Norton L.R., Reboud X., 2008. Environmental and management factors determining weed species composition and diversity in France. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 128: 68-76. doi:10.1016/j.agee.2008.05.003

Fried, G., Chauvel, B., Reboud, X., 2008. Evolution de la flore adventice des champs cultivés au cours des dernières décennies : vers la sélection de groupes d'espèces répondant aux systèmes de culture. *Innovations Agronomiques* 3 : 15-26.

Gasquez, J., Fried, G., Délos, M., Gauvrit, C., Reboud, X., 2008. Vers un usage raisonné des herbicides : analyse des pratiques en blé d'hiver de 2004 à 2006. *Innovations Agronomiques* 3 : 145-156.

Fried G., Reboud X. 2007. Evolution de la composition des communautés adventices des cultures de colza sous l'influence des systèmes de cultures. *Oléagineux, Corps gras, Lipides* 14:130-138.

Fried, G., Reboud, X., Gasquez, J., Délos, M., 2007. Réseau Biovigilance flore en grandes cultures. *Phytoma-LDV* 610: 10-16.

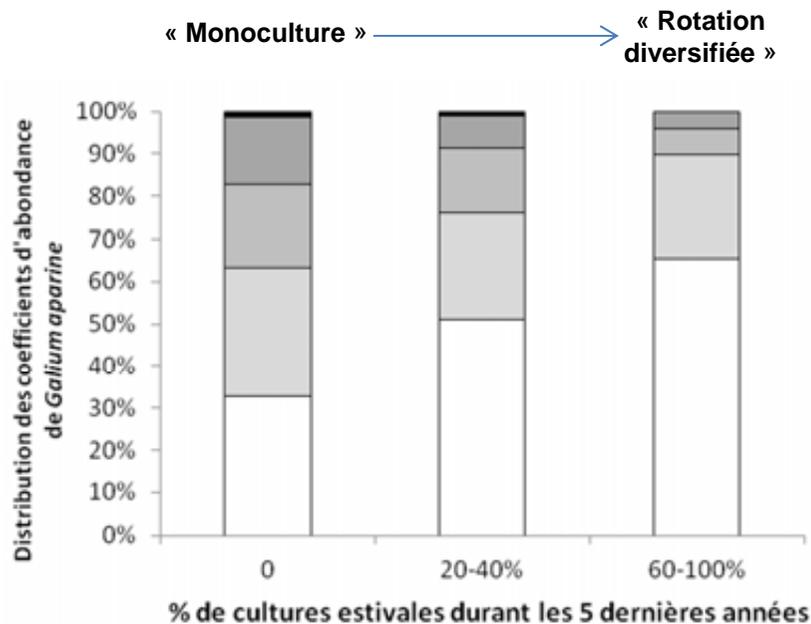
Fried G., Chauvel B, Reboud X, Chollet D, Bombarde M, Delos M, 2006. Evolution de la flore adventice en 30 ans : quelles caractéristiques semblent favoriser la capacité d'infestation en tournesol ?, *Phytoma-LDV* 596: 37-43.

Fried, G., Reboud, X., Bibard, V., Bombarde, M., Delos, M., 2006. Mauvaises herbes du maïs. 25 ans d'évolution dans les grandes régions de production. *Perspectives Agricoles* 320: 68-74.

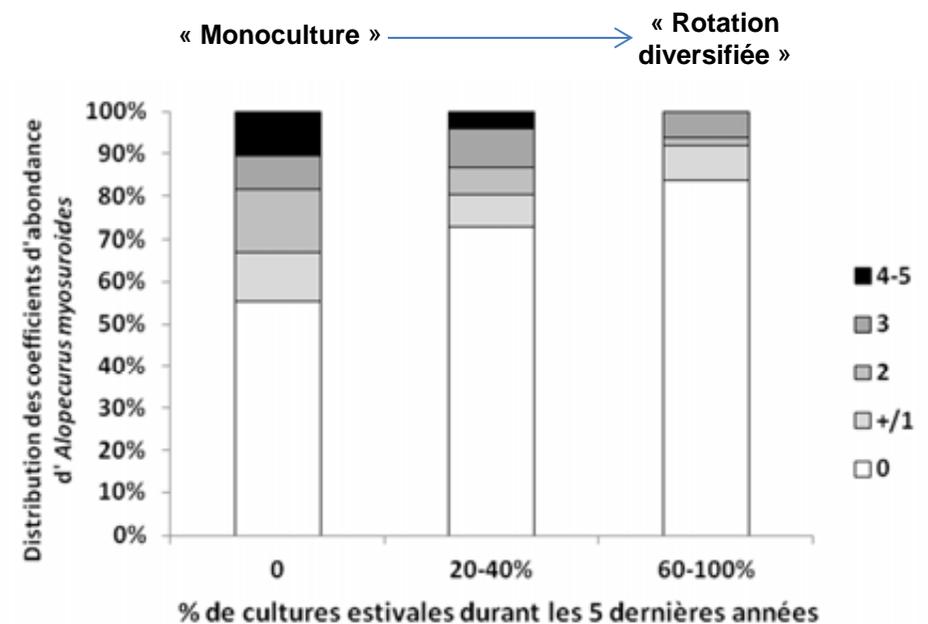
Fried, G., Bombarde, M., Delos, M., Gasquez, J., Reboud, X., 2005. Les mauvaises herbes du maïs : ce qui a changé en 30 ans. *Phytoma-LDV* 586: 47-51.

Effets de la diversité des successions sur les espèces nuisibles

- Distribution des notes d'**abondance** du gaillet gratteron (*Galium aparine* subsp. *aparine*) et du vulpin des champs (*Alopecurus myosuroides*) dans le blé d'hiver en fonction de la **proportion de cultures estivales durant les 5 années précédentes**



gaillet (p<0.021)



vulpin (p<0.015)

Le gaillet comme le vulpin voient leur infestation fortement limitée dans les rotations présentant des cultures estivales