HAL
open science

Structure spatio-temporelle de la diversité cultivée du blé tendre et de ses déterminants potentiels : Étude de cas en France

Rémi Perronne, David Makowski, Céline Schott, Mourad Hannachi, Robin Goffaux, Pierre Montalent, Jean-Noël Aubertot, Vincent Cellier, Stephane Lemarié, Aline Fugeray-Scarbel, et al.

To cite this version:

Rémi Perronne, David Makowski, Céline Schott, Mourad Hannachi, Robin Goffaux, et al.. Structure spatio-temporelle de la diversité cultivée du blé tendre et de ses déterminants potentiels : Étude de cas en France. Petit Pois Déridé – 37ème édition, Université de Picardie Jules Verne (UPJV). Amiens, FRA., 2016, Amiens, France. 31 p. hal-02801578

HAL Id: hal-02801578

https://hal.inrae.fr/hal-02801578v1

Submitted on 5 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

STRUCTURE SPATIO-TEMPORELLE DE LA DIVERSITE CULTIVEE DU BLE TENDRE ET DE SES DETERMINANTS POTENTIELS: ETUDE DE CAS EN FRANCE

Rémi Perronne[1], David Makowski[2], Céline Schott[3], Mourad Hannachi[4], Robin Goffaux[5], Pierre Montalent[1], Jean-Noël Aubertot[6], Vincent Cellier[7], Stéphane Lemarié[8], Aline Fugeray-Scarbel[8], Claude de Vallavieille-Pope[9], Marc Leconte[9], Jérôme Enjalbert[1], Juan Fernandez-Manjarrés[10], Marie Stetzler[1], Solène Diguet[1], Nicolas Poulain[1], Isabelle Goldringer[1]

[1]*INRA, UMR 0320 Génétique Quantitative et Evolution – Le Moulon, F-91190 Gif-sur-Yvette, France*

[2]*UMR 0211 UMR Agronomie, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78850 Thiverval-Grignon, France*

[3]*INRA, SAD UPR 055 ASTER, 662 Avenue Louis Buffet, F-88500 Mirecourt, France*

[4]*UMR SAD-APT, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78850 Thiverval-Grignon, France*

[5]*FRB, 195 rue Saint-Jacques, F-75005 Paris, France*

[6]*INRA, UMR 1248 AGIR, F-31326 Castanet-Tolosan, France*

[7]*INRA, UE 0115 Unité Expérimentale du domaine d'Epoisses, F-21110 Bretenière, France*

[8]*INRA, UMR GAEL, INRA - Univ. Grenoble Alpes, BATEG, CS 40700, F-38058 Grenoble cedex 9, France*

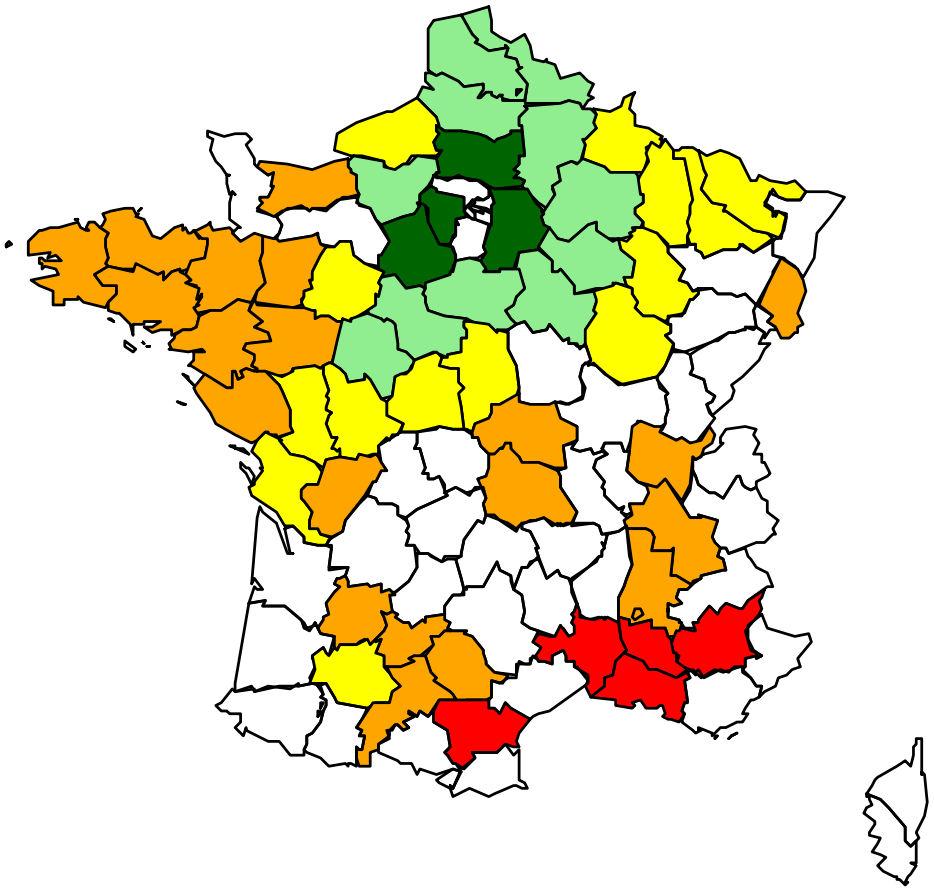
[9]*UMR BIOGER, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78850 Thiverval-Grignon, France*

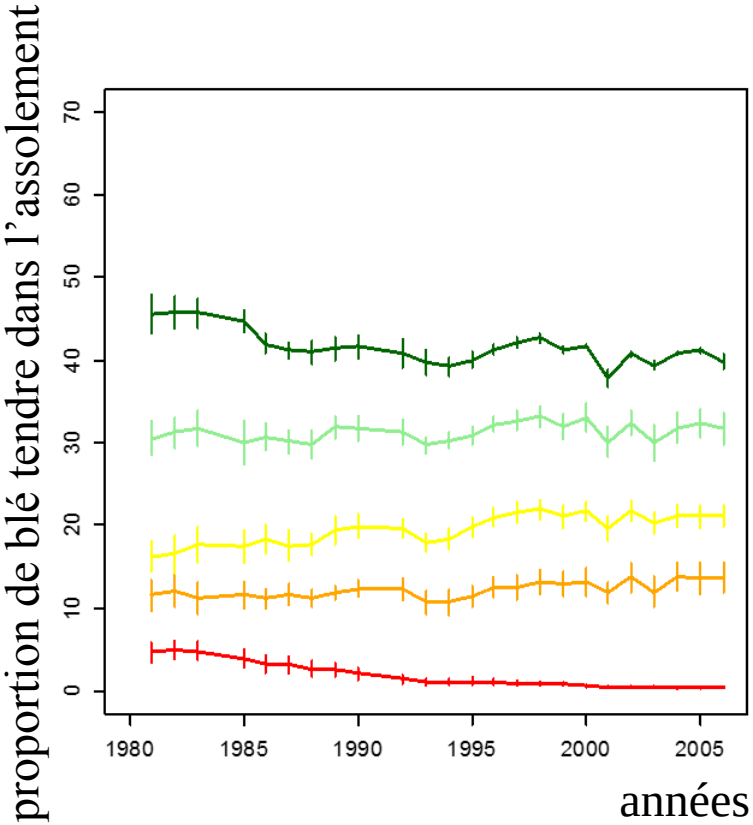
[10]*CNRS, Laboratoire d'Ecologie, Systématique et Evolution, UMR 8079 Université Paris-Sud-CNRS-AgroParisTech, Bat 360, F-91405 Orsay Cedex, France*

remi.perronne@moulon.inra.fr

Amiens, 28-30 Aout 2016

Le blé tendre: première céréale en France
(5.2M d'hectares en 2015)





✓ importance du blé tendre dans l'assolement

- dans le nord et le bassin parisien, le blé tendre représente > 30% de la sole

Un constat: la diversité génétique cultivée en blé a subi **une double réduction** au XXème siècle

première moitié du XXème

- ✓ Remplacement progressif des variétés de pays par des variétés lignées pures modernes:
  - ➢ nombre limité de variétés de pays comme parents des variétés modernes (Reif et al. 2005)
  - ➢ homologation de variétés Distinctes, Homogènes et Stables, excluant les variétés de pays (Bustarret 1944, Bonneuil & Thomas 2009)

Rouge de Bordeaux

Un constat: la diversité génétique cultivée en blé a subi **une double réduction** au XXème siècle

- ✓ Adoption généralisée de variétés adaptées à l'agriculture intensive (ex. gènes de nanisme):
  - ➢ nombre limité de variétés semi-naines à fort rendement comme parents des variétés modernes
  - ➢ homogénéisation des conditions de culture (quantités élevées d'azote, gestion des maladies par fongicides) (Bonneuil & Thomas 2009)

années 1960-1970

Pourquoi s'intéresser à la diversité cultivée au niveau des paysages agricoles et la promouvoir?

- ✓ Assurer la **résilience** des agro-écosystèmes face aux:
  - ➢ instabilités climatiques (Lesk et al. 2016)
  - ➢ pressions pathogènes (ex. rouille jaune, nouveaux pathotypes tolérants des températures plus élevées, Mboup et al. 2012)

- ✓ Promouvoir une agriculture durable (Costanzo and Bàrberi 2014)

- ✓ Délivrer des services écosystémiques (Hajjar et al. 2008)

Le déploiement d'une plus grande diversité cultivée nécessite, au préalable, (1) une **caractérisation fine de l'évolution** spatio-temporelle de la diversité cultivée en blé tendre, ainsi (2) qu'une meilleure **compréhension de ses déterminants et de leurs structurations**

1. Existe-t-il une structuration spatio-temporelle de la diversité cultivée en blé tendre?

Caractériser la diversité cultivée en blé tendre: données et indicateurs

- ✓ proportions des surfaces par variété (FranceAgriMer)

55 départements

700 variétés

période: 1981-2006

- ✓ caractérisation génétique (marqueurs microsatellites, Roussel et al. 2004)

35 marqueurs

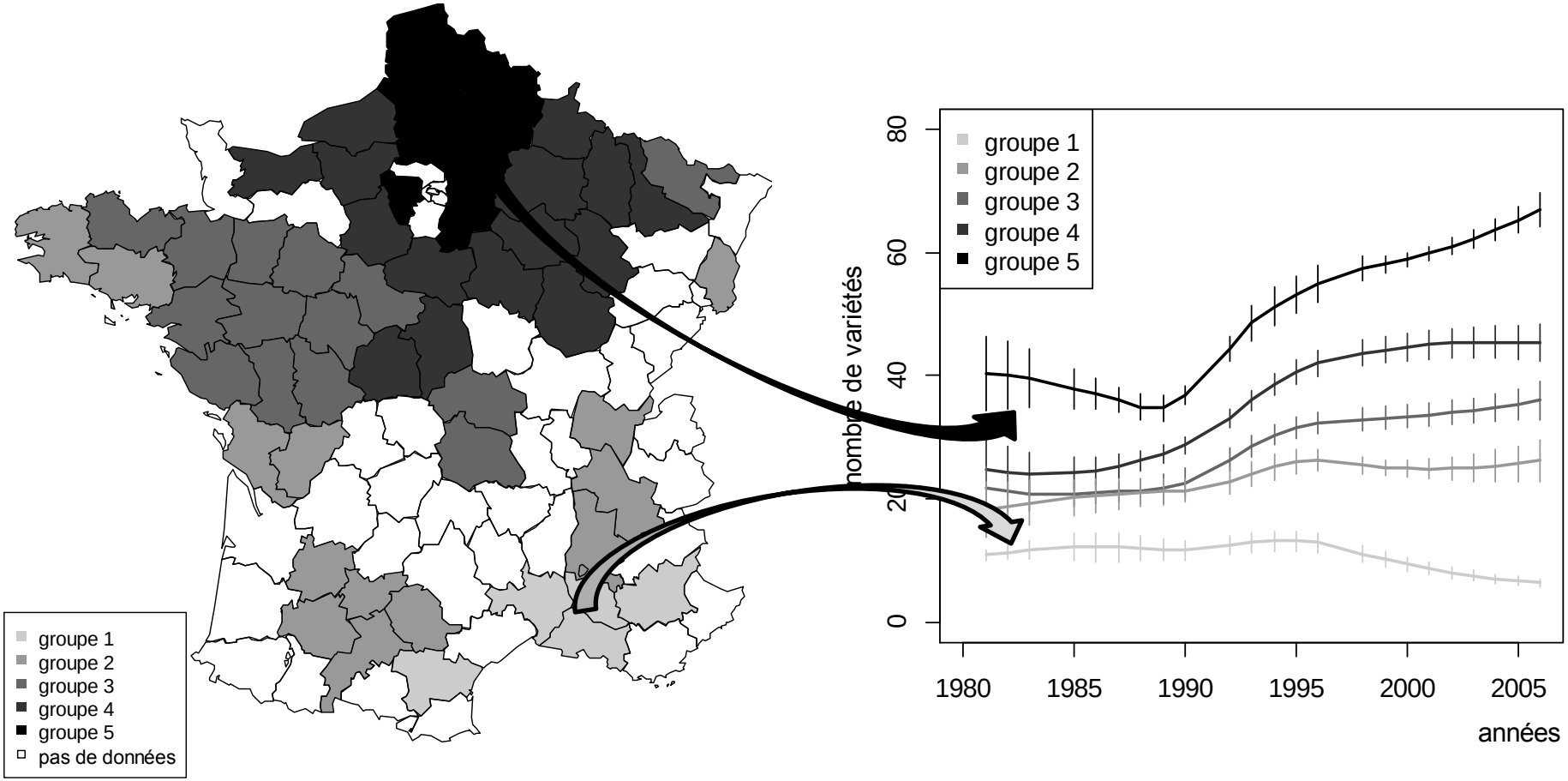
- ✓ indicateurs retenus:
  - ❑ nombre de variétés
  - ❑ diversité variétale spatiale (indicateur pondéré par les surfaces des variétés)
  - ❑ diversité génétique neutre
  - ❑ diversité génétique neutre *in situ* (indicateur pondéré par les surfaces des variétés), indicateur intégrant également le degré d'équirépartition des surfaces assolées des différentes variétés

Méthode d'analyse de la structuration spatio-temporelle de la diversité cultivée en blé tendre

- ✓ approche statistique: analyse multivariée et groupement sur les séries temporelles par département
  - ➢ retrait années ou départements non renseignés
  - ➢ lissage des données: ré-estimation des valeurs manquantes
  - ➢ Analyse en Composantes Principales (ACP): axes majeurs de variation
  - ➢ groupement des K-means sur axes ACP: évolution temporelle similaire

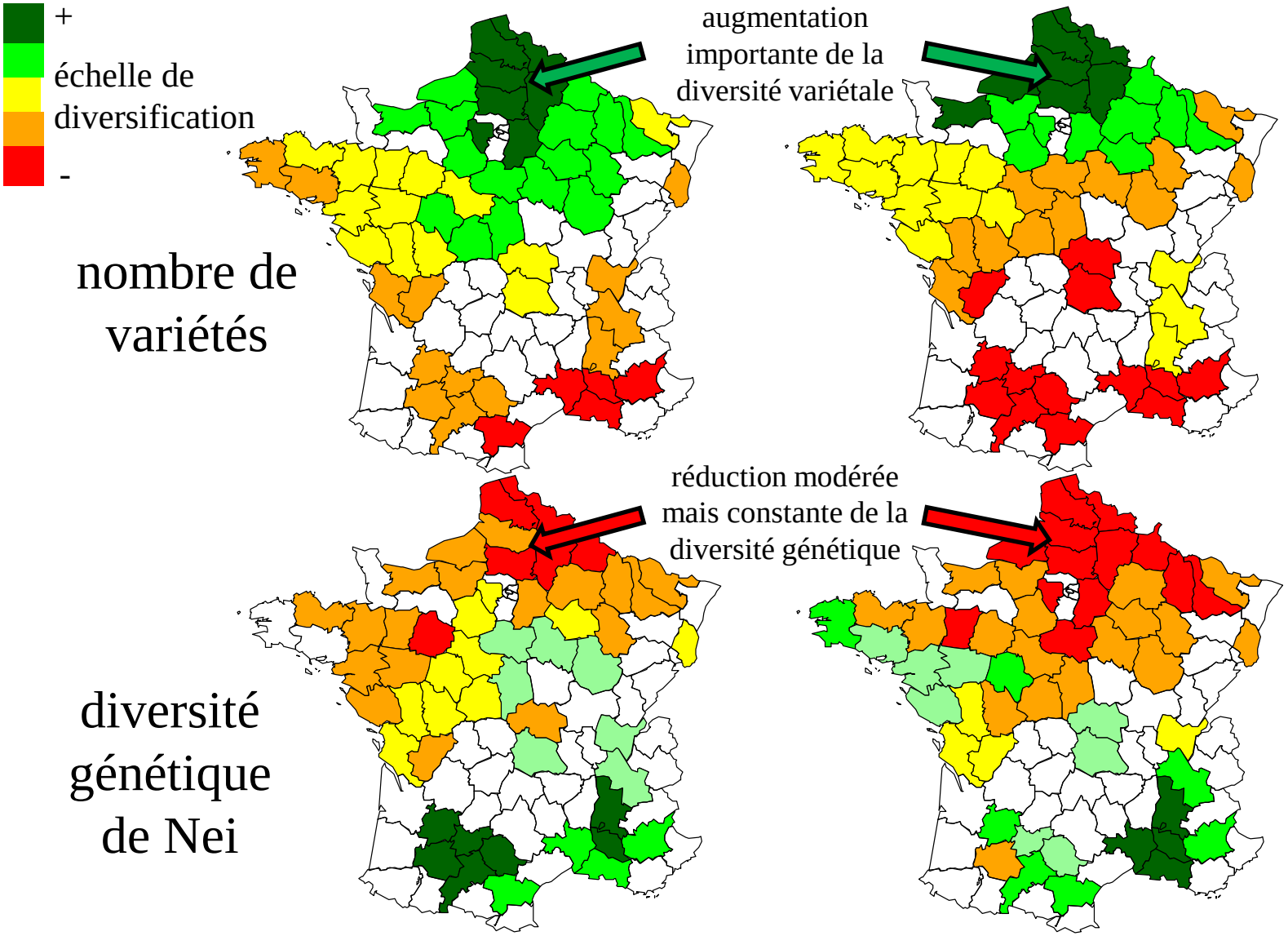
  - ➢ représentation cartographique des groupes obtenus

Structuration spatio-temporelle: un exemple, l'évolution du nombre de variétés

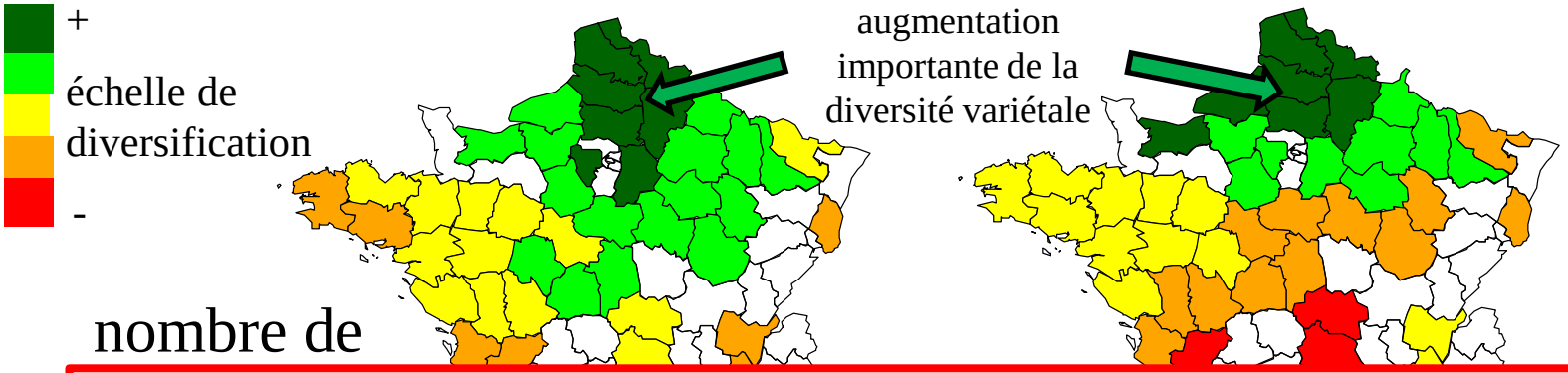


L'évolution temporelle du nombre de variétés assolées à échelle départementale apparait spatialement structurée, allant d'une forte augmentation entre 1981 et 2006 dans le nord de la France à une faible diminution dans le sud-est

Structuration spatio-temporelle de la diversité variétale et génétique



Structuration spatio-temporelle de la diversité variétale et génétique

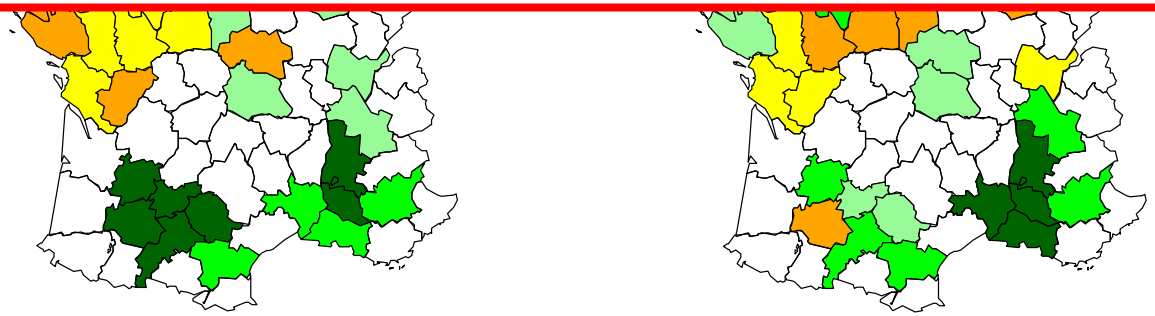


nombre de

diversité variétale

Les composantes variétale et génétique de la diversité cultivée présentent des évolutions temporelles opposées et spatialement structurées, suggérant que plusieurs déterminants pourraient avoir affecté la diversité cultivée en blé tendre à une échelle régionale.

diversité génétique de Nei



génétique HT*

2. Existe-t-il une structuration spatio-temporelle d’une série de déterminants potentiels de la diversité cultivée du blé tendre?

Différents déterminants potentiels de la diversité cultivée en blé tendre

diversité cultivée

- ✓ nombre de variétés
- ✓ diversité variétale spatiale
- ✓ diversité génétique neutre
- ✓ diversité génétique neutre *in situ*

hypothèses de causalités directes a priori

systèmes de culture

- ✓ précédents culturaux défavorables (blé tendre, maïs, ex. fusariose, piétins)
- ✓ diversité des précédents culturaux (ex. diversité des dates de semis)

filière blé

- ✓ nombre de coopératives

pressions pathogènes

- ✓ notes de risque de différents pathogènes foliaires

- ❑ données disponibles à une échelle spatio-temporelle pertinente
- ❑ indicateurs présentant une relation de causalité directe *a priori*
- ❑ indicateurs non fortement corrélés |0.5|

Méthode d'analyse de la structuration spatio-temporelle des déterminants

- ✓ approche statistique: analyse multivariée et gro r les séries temporelles par département
  - retrait années ou départements non rens
  - lissage des données: ré-estimatio
  - Analyse en Composantes P jeurs de variation
  - groupement des K-m ion temporelle similaire
  - représen groupes obtenus

L'approche considérée est similaire à celle présentée afin d'étudier la structuration spatio-temporelle de la diversité cultivée en blé tendre

Caractériser les successions culturales: données et indicateurs

- ✓ proportions des différentes cultures assolées (enquête Teruti):

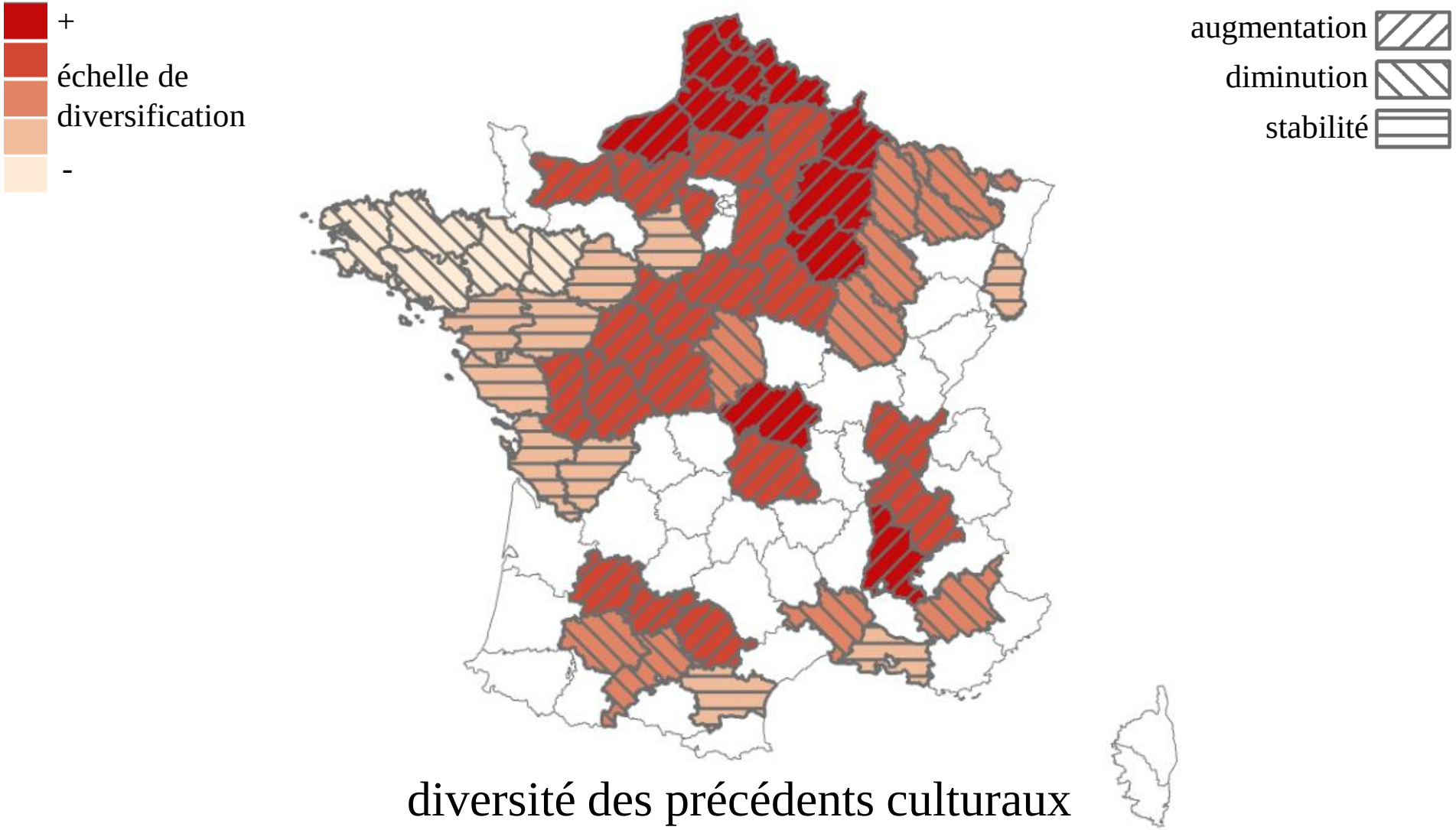
78 départements

méthode d'échantillonnage: ~ 550 000 points échantillonnage par an

périodes: 1981-1990 et 1992-2003

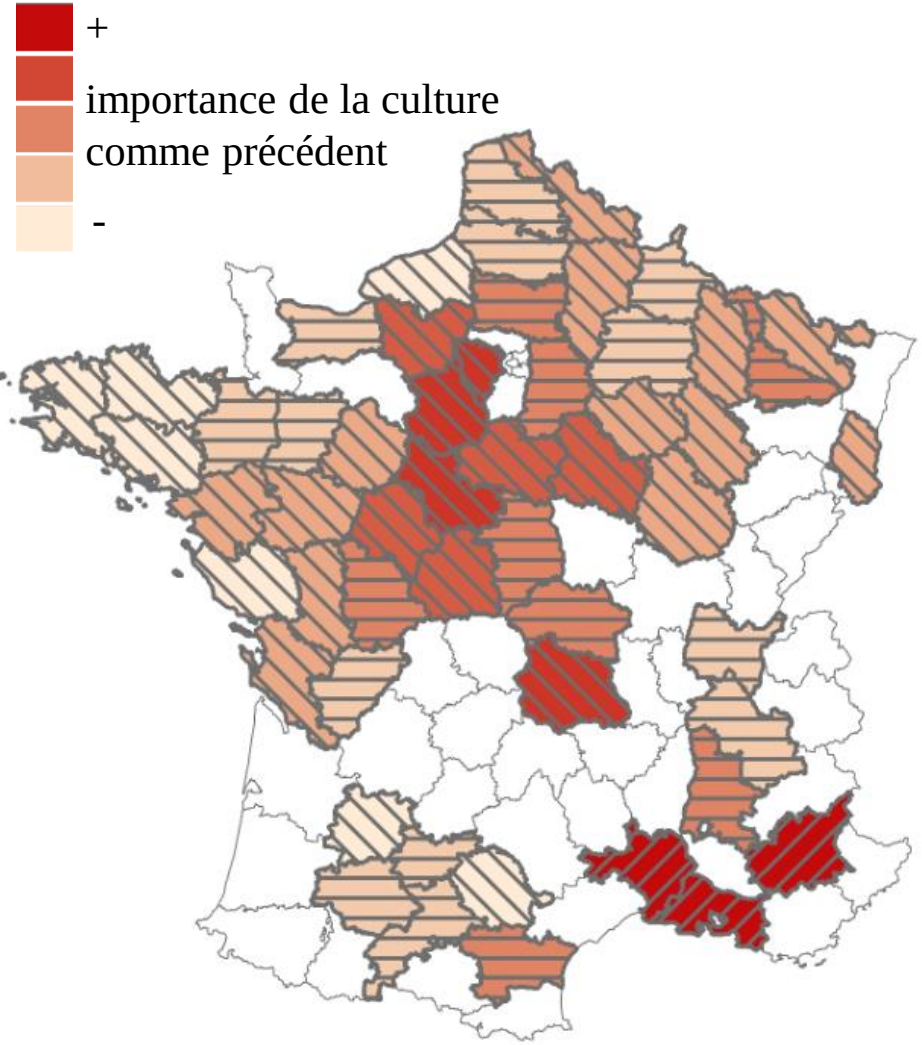
- ✓ indicateurs retenus:
  - ❑ **diversité des précédents culturaux** du blé tendre (tenant compte de leurs proportions relatives)
  - ❑ **proportion de blé tendre comme précédent** cultural du blé tendre
  - ❑ **proportion de maïs comme précédent** cultural du blé tendre

Structuration spatio-temporelle de la diversité des précédents culturaux

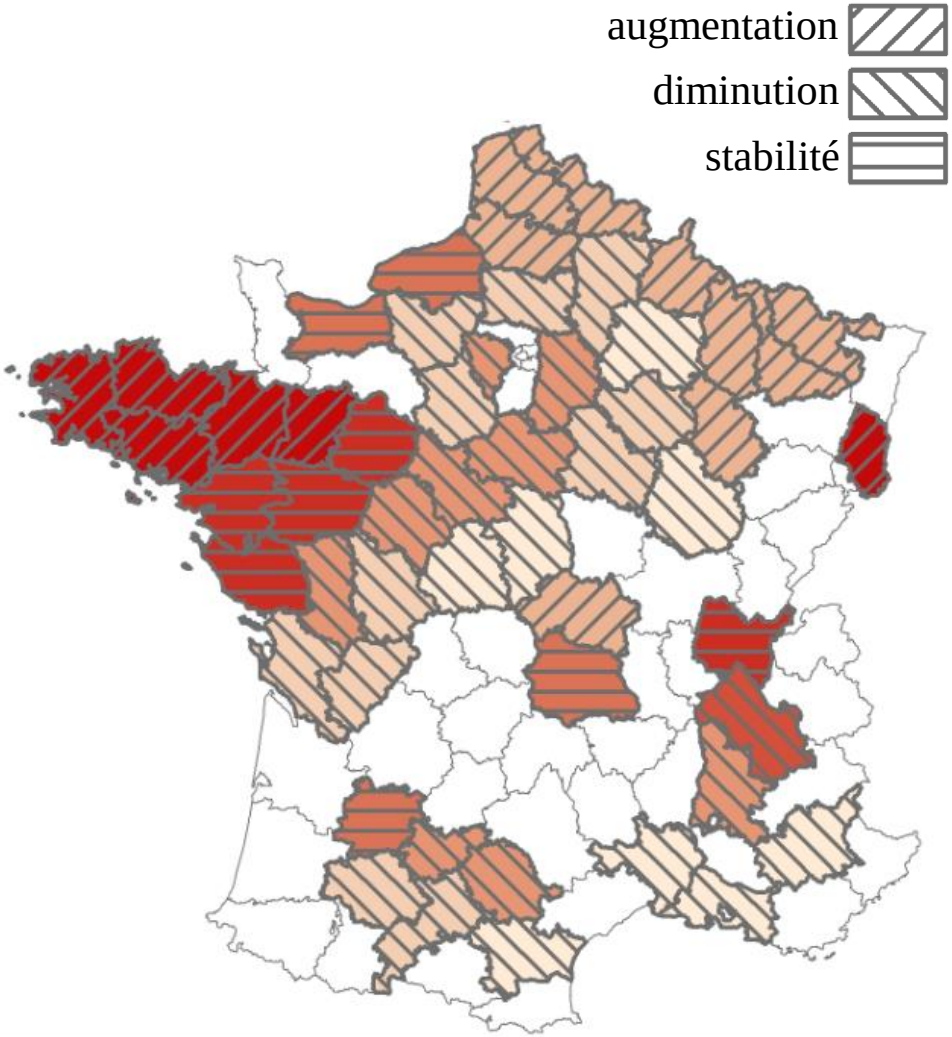


diversité des précédents culturaux
(pondérée par surfaces relatives des cultures)

Structuration spatio-temporelle de la proportion de blé tendre et de maïs

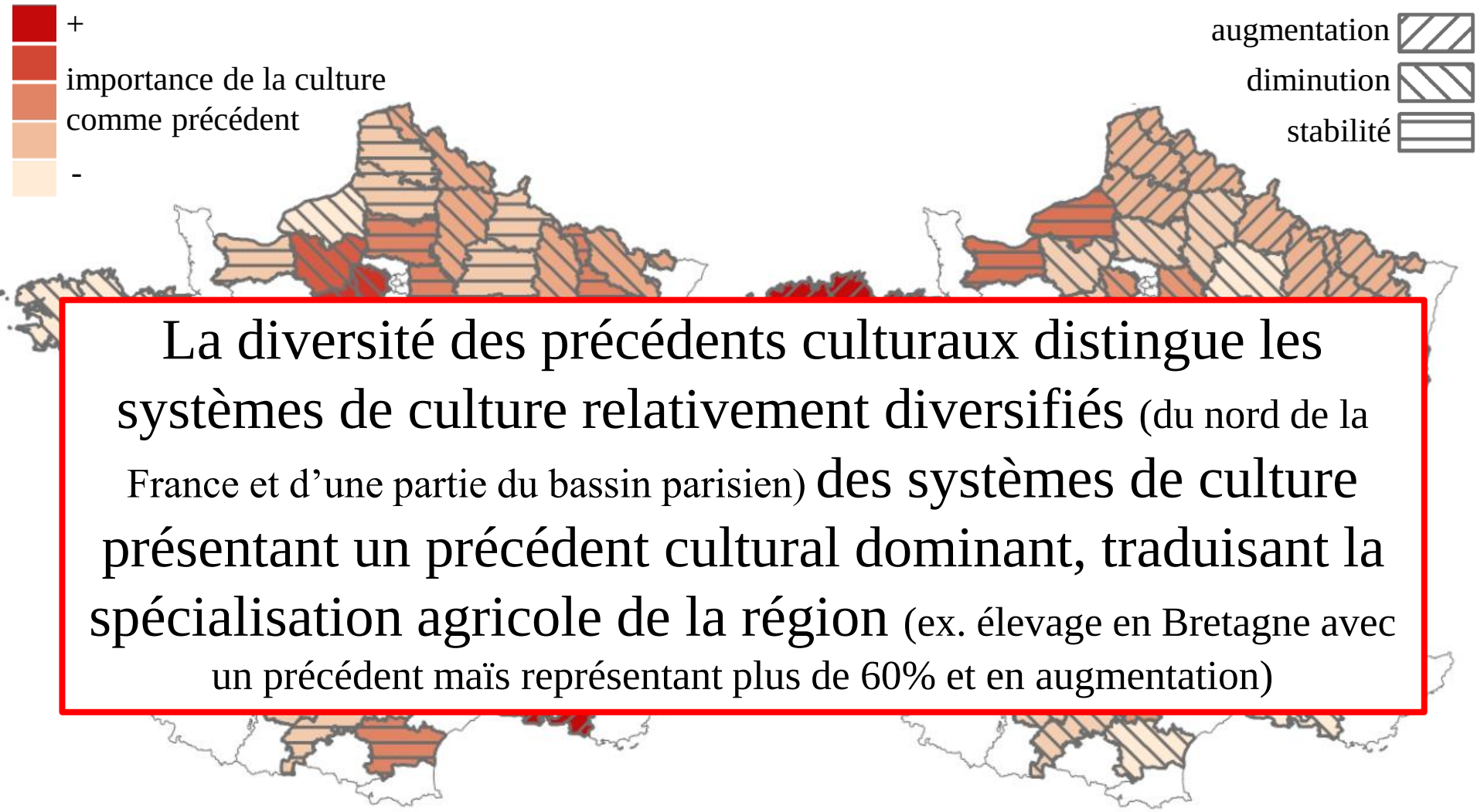


proportion de blé tendre



proportion de maïs

Structuration spatio-temporelle de la proportion de blé tendre et de maïs



La diversité des précédents culturaux distingue les systèmes de culture relativement diversifiés (du nord de la France et d'une partie du bassin parisien) des systèmes de culture présentant un précédent cultural dominant, traduisant la spécialisation agricole de la région (ex. élevage en Bretagne avec un précédent maïs représentant plus de 60% et en augmentation)

proportion de blé tendre

proportion de maïs

Caractériser la structure de la filière blé tendre: données et indicateurs

- ✓ coopératives agricoles (Coop de France – Métiers du grain)

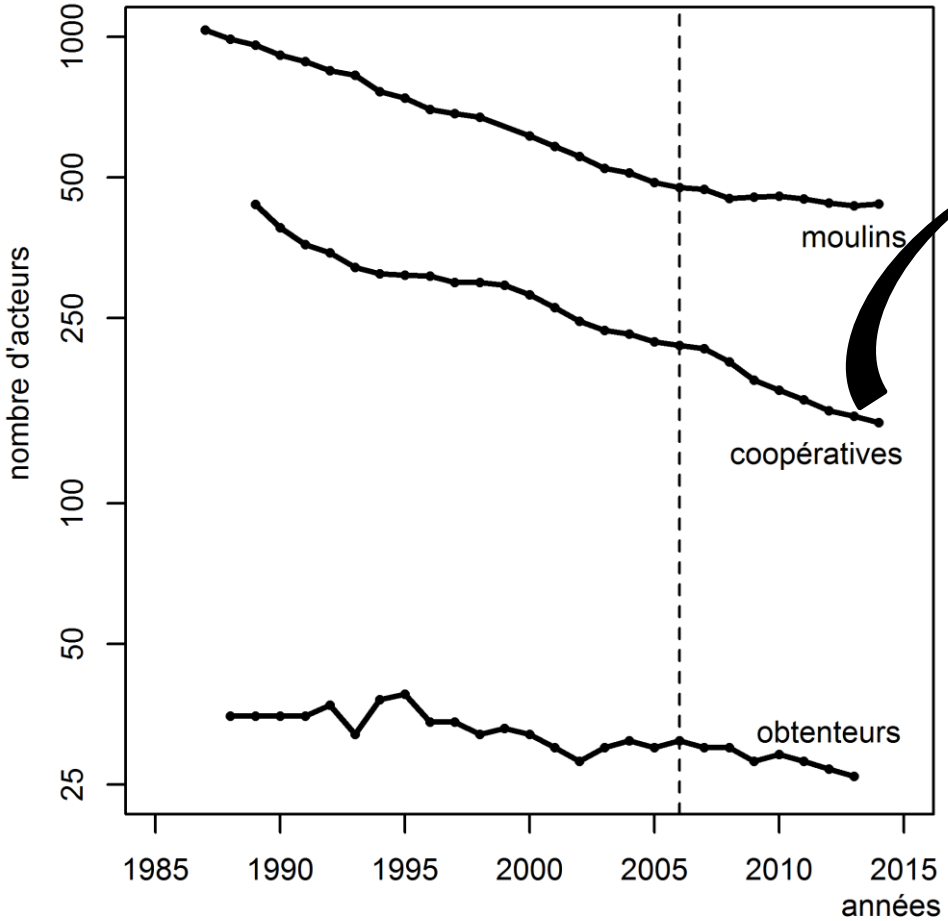
95 départements

639 coopératives agricoles ou groupes coopératifs distincts collectant du blé

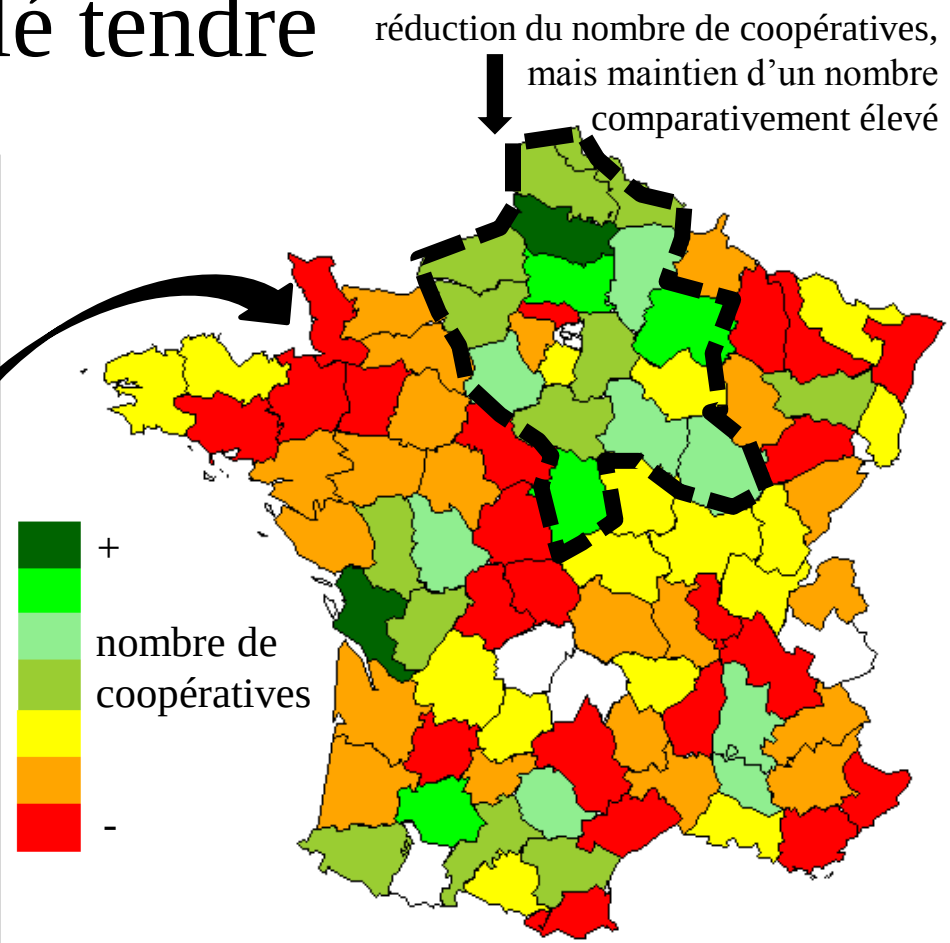
période: 1989-2015

- ✓ indicateurs retenus:
  - ❑ **<u>nombre de coopératives agricoles</u>** collectant du blé tendre

Evolution temporelle du nombre d'acteurs de la filière blé tendre



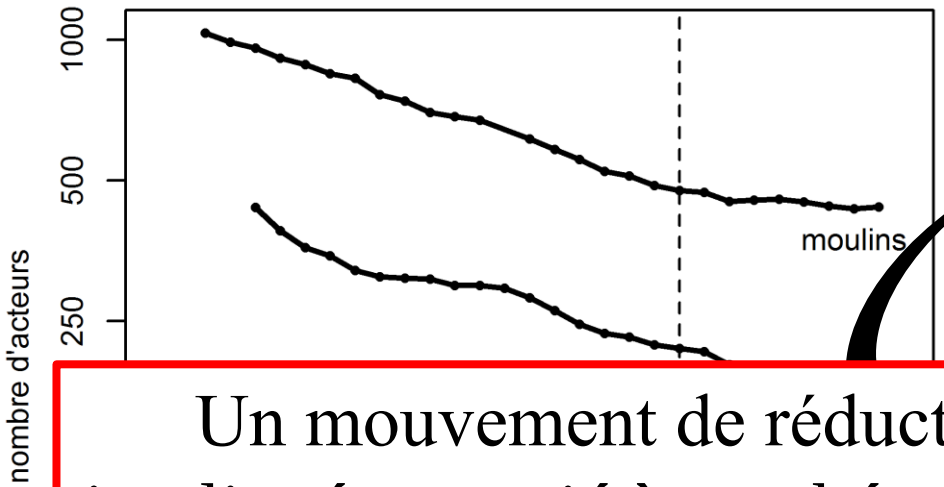
évolution temporelle du nombre d'acteurs à l'échelle nationale

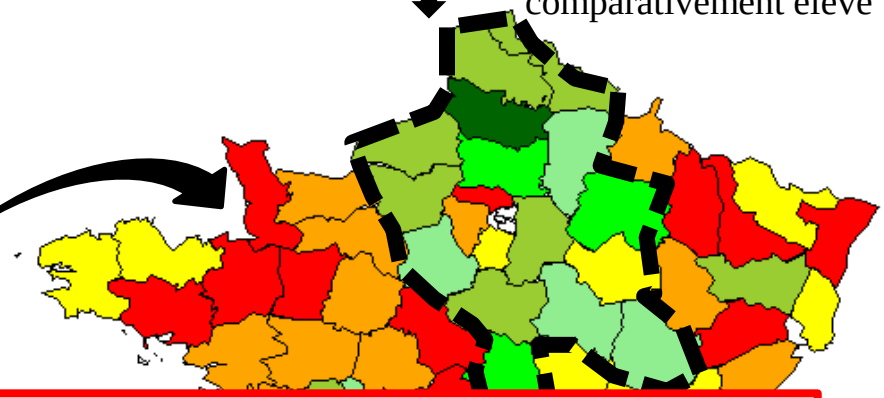


évolution du nombre de coopératives (tous les départements ont connus une réduction du nombre de coopératives via fusions entre organismes et création de groupes coopératifs)

Evolution temporelle du nombre d'acteurs de la filière blé tendre

réduction du nombre de coopératives, mais maintien d'un nombre comparativement élevé





Un mouvement de réduction du nombre d'acteurs impliqués associé à un phénomène de concentration a été observé au sein de la filière blé tendre (notamment au sein du secteur coopératif, marqué par un nombre important de fusions entre acteurs dans le but d'atteindre une taille critique, certaines régions ayant été davantage affectées, comptant un nombre important de coopératives agricoles au début des années 1990, ex. les Hauts-de-France et l'ancienne région Poitou-Charentes)

évolution temporelle du nombre d'acteurs à l'échelle nationale

coopératives (tous les départements ont connus une réduction du nombre de coopératives via fusions entre organismes et création de groupes coopératifs)

Caractériser les pressions pathogènes: données et indicateurs

- ✓ pathogènes du blé tendre (Avertissements Agricoles - Services Régionaux de la Protection des Végétaux)

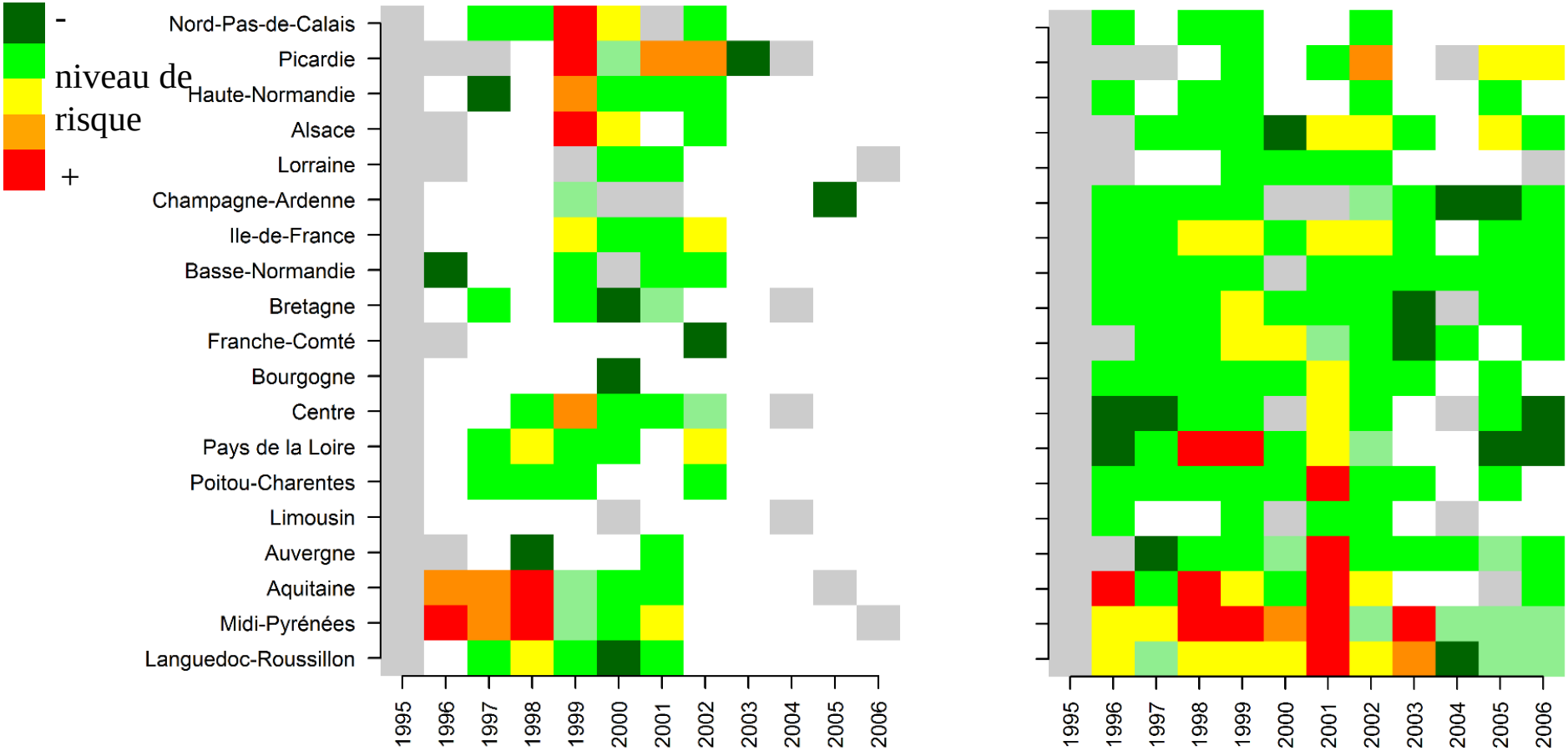
19 régions

notes de risque: rouille brune, rouille jaune, septoriose, oïdium, fusariose

période: 1995-2006

- ✓ indicateurs retenus:
  - ❑ **<u>notes de risques</u>** des différents pathogènes

Structuration spatiale de l'évolution temporelle des notes d'isorisques de certains pathogènes



rouille jaune

rouille brune

La rouille jaune présente des épidémies plus récurrentes sur la façade maritime nord, tandis que la rouille brune affecte beaucoup plus fréquemment le sud-ouest de la France. D'autres pathogènes foliaires ne présentent pas de patrons spécifiques

Message principal

L’évolution temporelle de la diversité cultivée en blé tendre et l’évolution temporelle de la plupart des déterminants potentiels retenus semblent spatialement structurées:

la structuration spatiale observée est cependant complexe, c.à.d. qu’elle suit rarement un gradient climatique, l’influence de chacun des déterminants ne pouvant affecter qu’une partie de la sole de blé tendre et les déterminants pouvant présenter des corrélations négatives entre eux

Perspectives

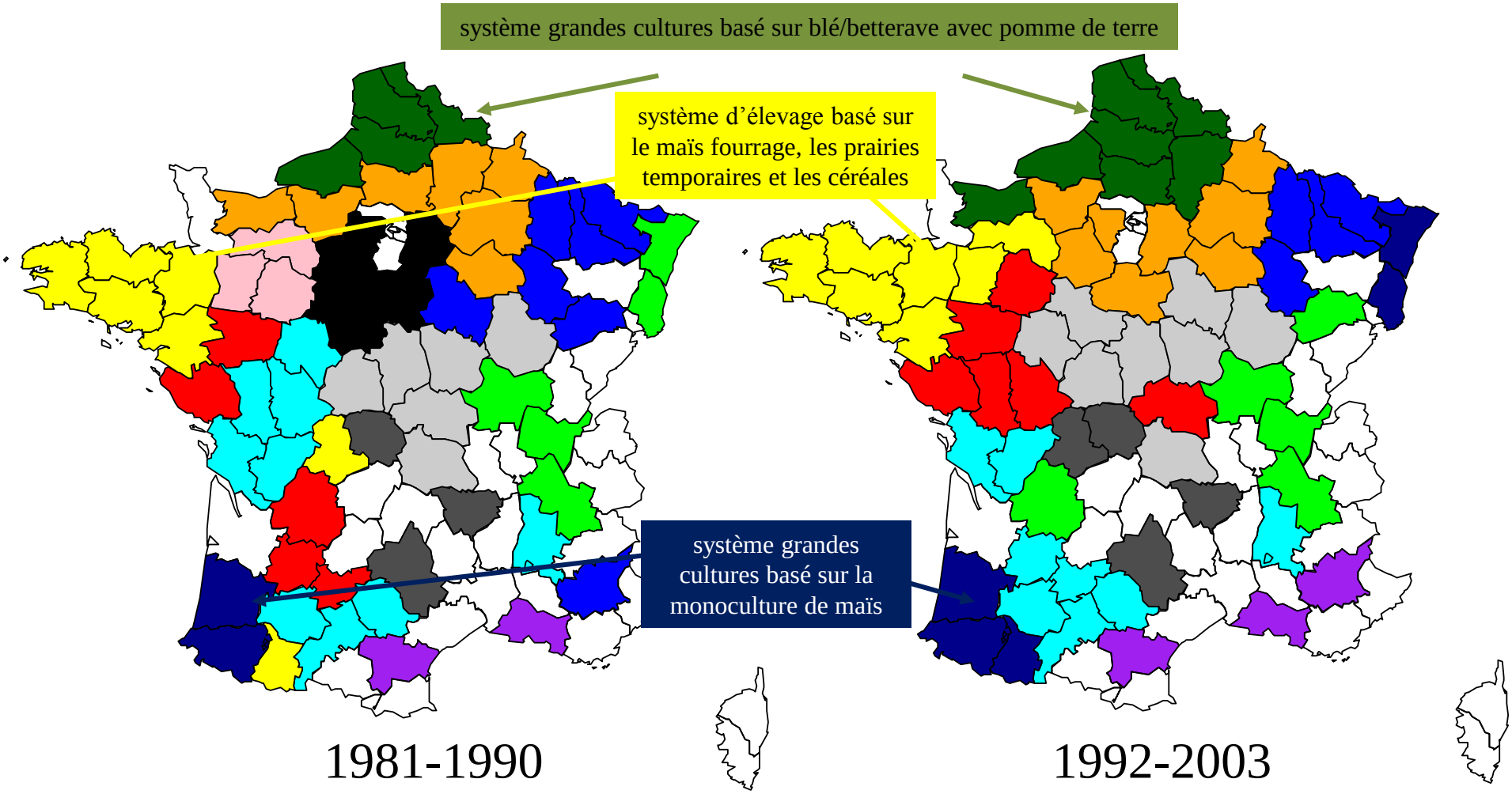
- ✓ Intégrer des covariables climatiques
- ✓ Compléter les analyses statistiques conduites (régressions multiples, random forests)
- ✓ Confirmer les résultats via une <u>enquête</u> auprès des chercheurs étudiant le blé tendre (approche multidisciplinaire)
- ✓ Proposer des scénarios étudiant les <u>liens de causalité</u> directs et indirects entre ces déterminants

Je vous remercie de votre attention

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme Investissements d'Avenir (LabEx BASC ; ANR-11-LABX-0034) et du support des projets SPEAL (Région Centre) et Diversifood (Europe H2020). Nous remercions Isabelle Bonnin, Claire Hamon, François Balfourier et Christophe Bonneuil pour les précédents travaux réalisés.

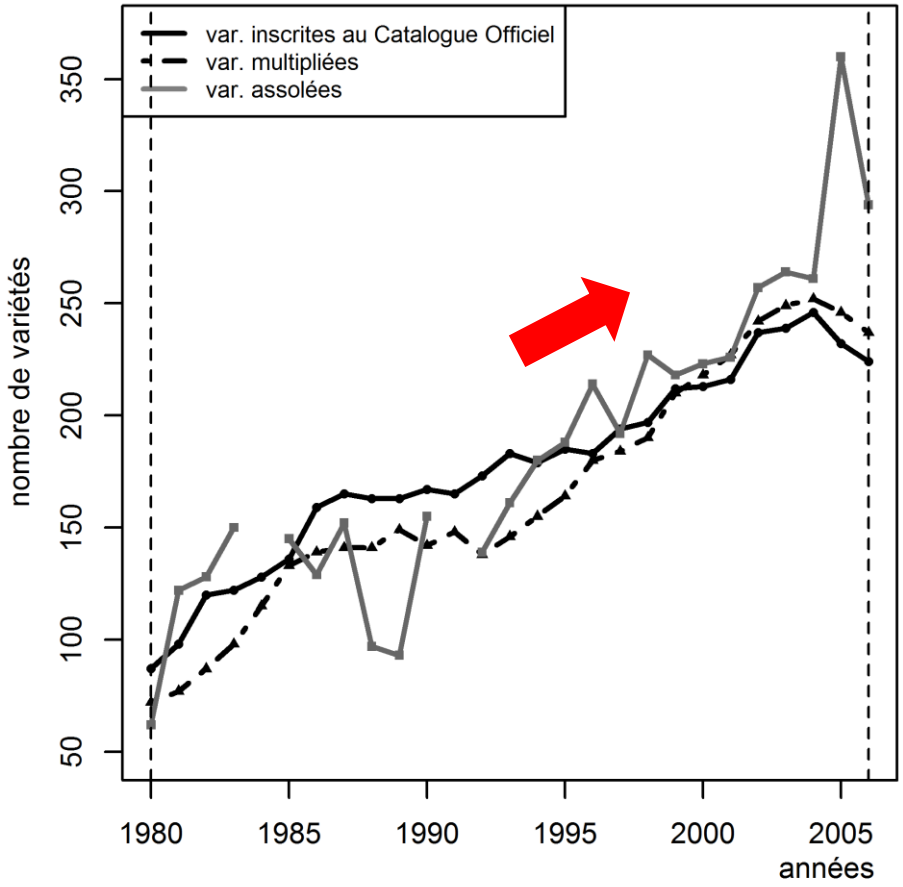
LabEx BASC
Biodiversité, Agroécosystèmes, Société, Climat

Successions culturales spatialement structurées (1981-1990 1992-2003)

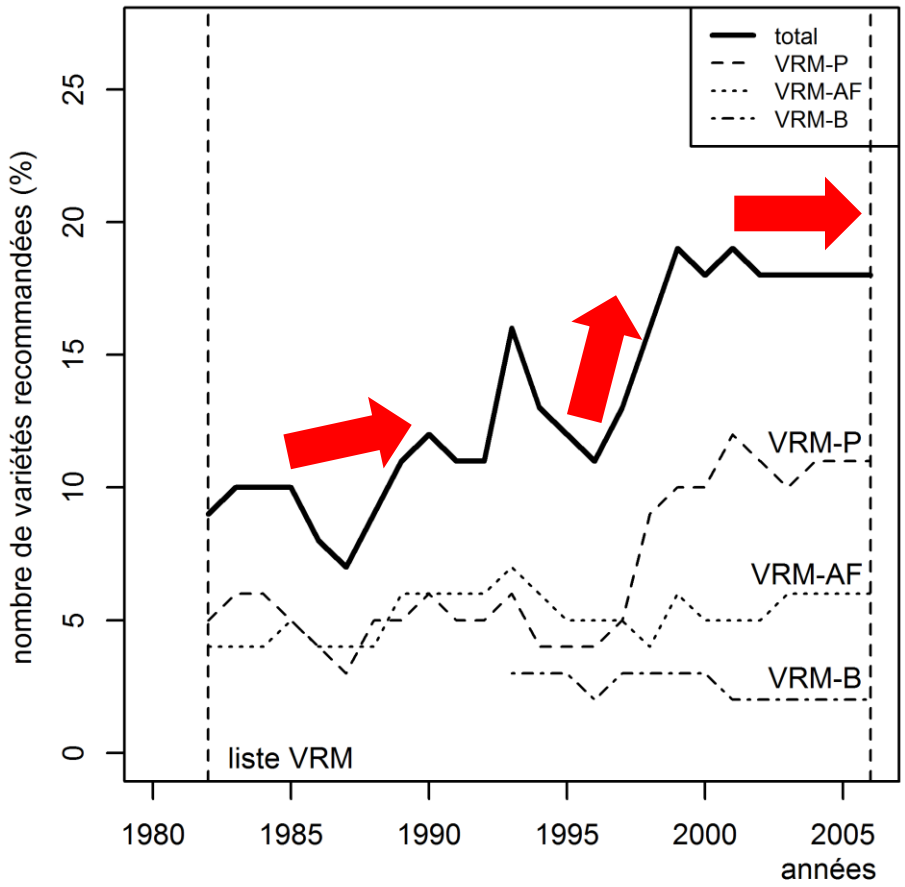


Les couleurs ne sont pas associées à un niveau de diversification

Evolution temporelle des inscriptions et recommandations variétales

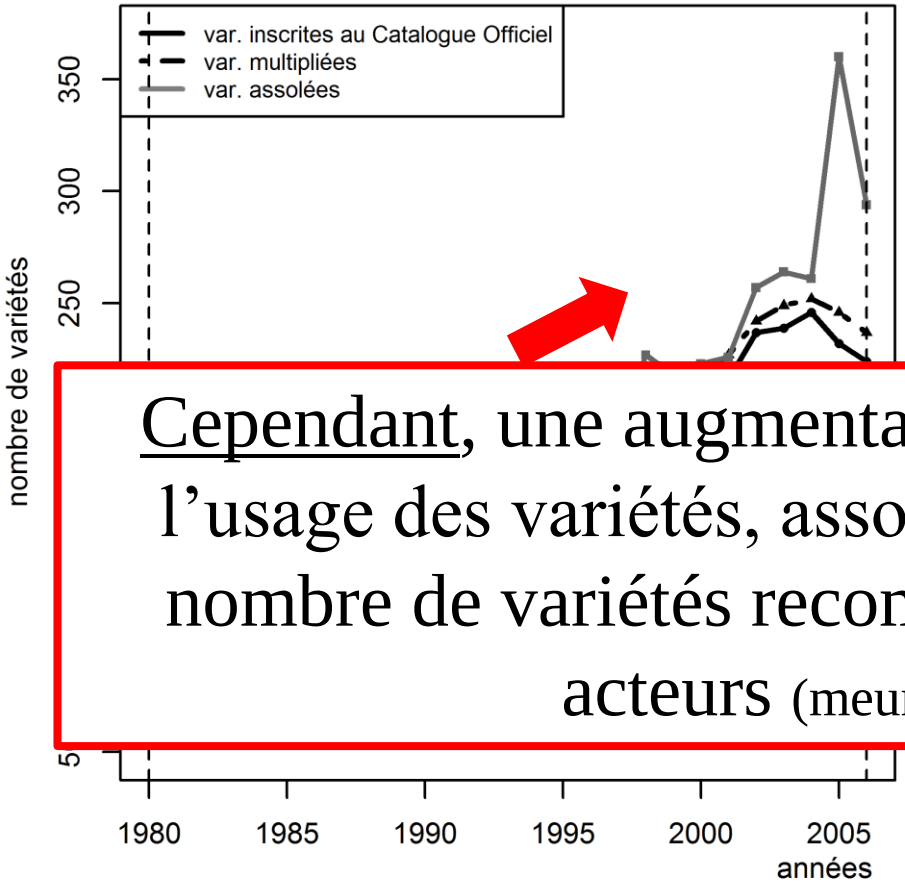


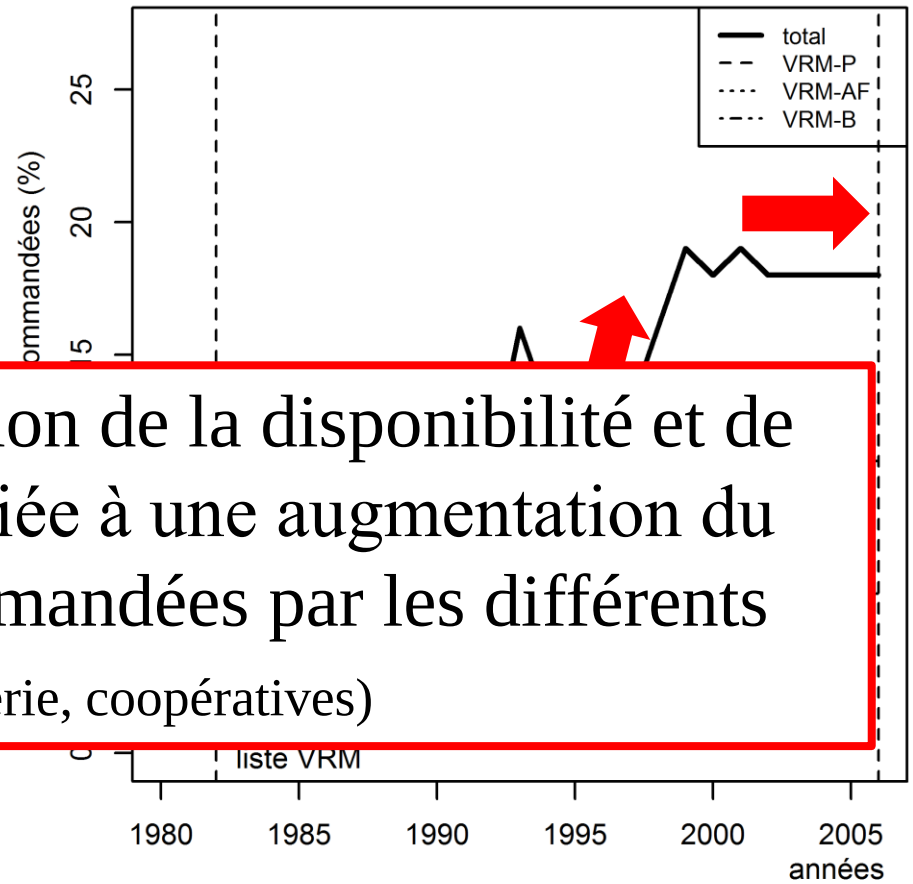
évolution du nombre de variétés inscrites, multipliées et assolées



évolution du nombre de variétés recommandées par l'ANMF

Evolution temporelle des inscriptions et recommandations variétales



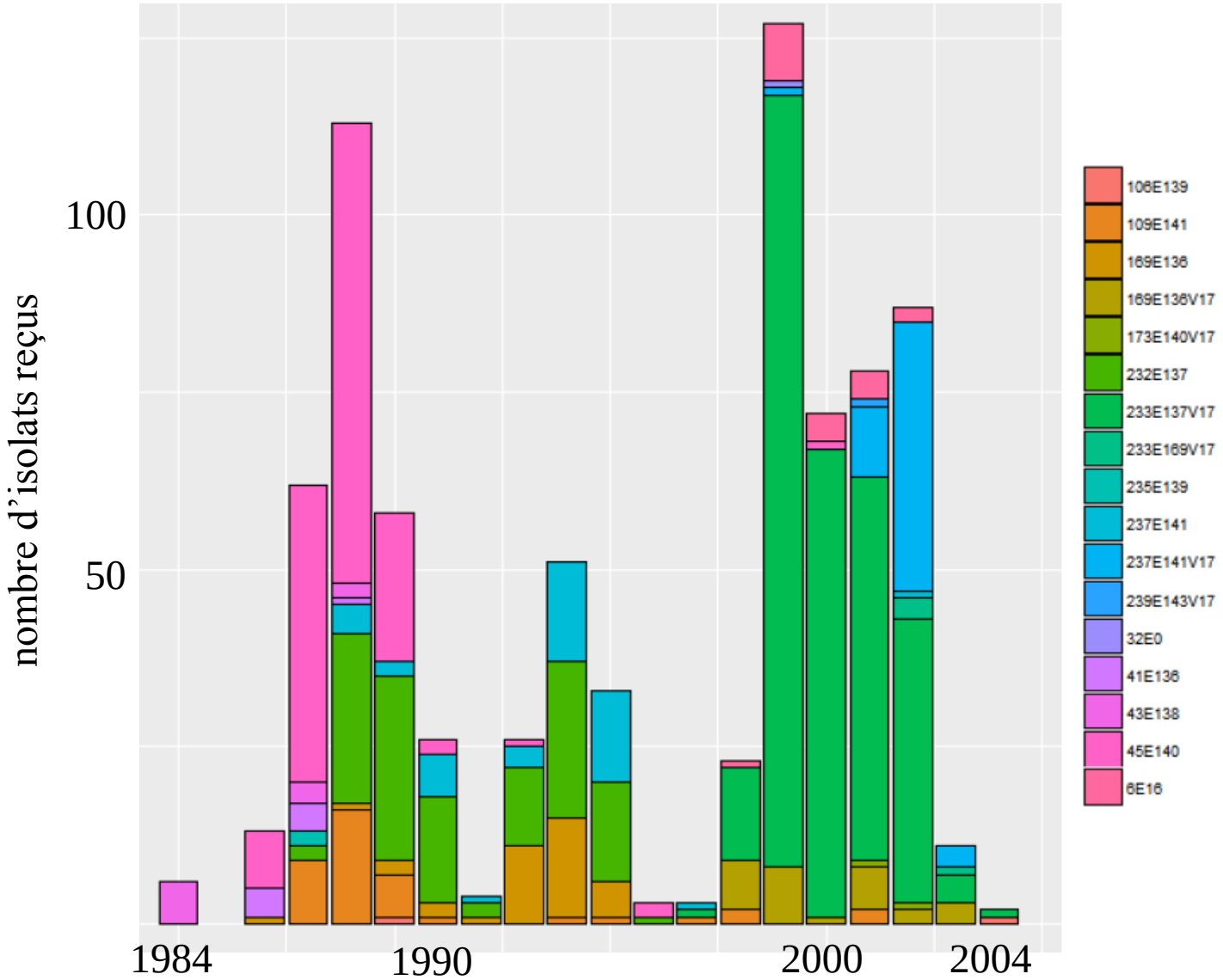


Cependant, une augmentation de la disponibilité et de l'usage des variétés, associée à une augmentation du nombre de variétés recommandées par les différents acteurs (meunerie, coopératives)

évolution du nombre de variétés inscrites, multipliées et assolées

évolution du nombre de variétés recommandées par l'ANMF

Evolution du nombre d'isolats de rouille jaune reçus (1984-2006)



Corrélations entre indicateurs

- ✓ peu de corrélations fortes entre indicateurs retenus, rarement supérieures à |0.3|.

	nombre de variétés	diversité variétale spatiale	diversité génétique neutre	HT*	proportion blé STL	diversité précédents culturaux	proportion précédent blé	proportion précédent maïs	nombre coops	septoriose	oïdium	fusariose	rouille jaune
diversité variétale spatiale	0,6431												
diversité génétique neutre	0,0161	-0,1992											
HT*	0,1111	0,3379	0,3772										
proportion blé STL	0,6511	0,4696	-0,1314	0,0757									
diversité précédents culturaux	0,2293	0,2091	0,0835	0,144	0,2839								
proportion de précédent blé	-0,1912	-0,1136	0,1147	0,1054	0,0266	-0,0614							
proportion de précédent maïs	-0,1887	-0,1849	-0,2238	-0,1768	-0,2651	-0,4443	-0,3959						
nombre de coopératives	0,1026	0,0689	-0,0139	0,0198	0,2193	0,256	-0,0916	-0,3568					
septoriose	0,11	0,1954	-0,0473	0,2164	0,1052	-0,1268	-0,2442	0,2396	0,0204				
oïdium	0,0289	0,0083	-0,071	0,07	-0,1348	-0,0238	0,0136	0,2793	-0,0626	0,1366			
fusariose	-0,0085	0,0591	0,0477	0,0431	-0,0146	0,016	0,122	-0,049	-0,0586	0,2407	0,0564		
rouille jaune	0,0551	0,0227	0,2767	0,2386	0,0393	0,162	-0,0025	-0,101	0,1181	0,4101	0,0108	0,1647	
rouille brune	-0,3523	-0,2929	0,2958	0,1345	-0,3821	-0,1265	0,0196	0,0073	0,0009	0,2997	0,2769	0,2036	0,3867

- ✓ corrélation positive élevée entre la proportion de blé tendre dans la sole (ou la surface de blé tendre) et le nombre de variétés et la diversité variétale spatiale
- ✓ corrélations presque toujours plus élevées pour les composantes de diversité variétale comparées aux composantes de diversité génétique lorsque ces indicateurs sont comparés aux déterminants potentiels de la diversité cultivée

corrélations de Pearson et Kendall