



Projet-Phare 3

**Renforcer
la biodiversité et les services écosystémiques
pour une gestion durable
des systèmes socio-écologiques**

Marie-Hélène JEUFFROY et Muriel TICHIT

UMR Agronomie

UMR SAD-APT

INRA – AgroParisTech

Contexte et objectif général

Nombreux impacts négatifs de la gestion des écosystèmes (forte dépendance aux intrants) dans les 4-5 décennies passées : biodiversité, pollution air – eaux, fertilité sols, ...

- transformer les pratiques agricoles pour renforcer la durabilité des agroécosystèmes
- travailler au niveau du système socio-écologique (composante socio-économique/gestion/gouvernance + échelles larges)
- biodiversité fonctionnelle → services écosystémiques → durabilité
- Quels instruments politiques et quelles organisations sociales pour favoriser la mise en œuvre individuelle de nouvelles pratiques et l'action collective au niveau des territoires ?

Objectif: explorer les moyens de **favoriser la biodiversité** en vue **d'accroître les services écosystémiques** au sein des agroécosystèmes, à quantifier les conséquences de cet accroissement, et à **identifier les outils et dispositifs favorisant la transition** des systèmes socio-écologiques. .

- **Axe 1:** Comprendre et quantifier le rôle de la biodiversité à différentes échelles pour favoriser l'obtention de services écosystémiques, en vue de réduire la dépendance des agroécosystèmes aux intrants chimiques et de favoriser les performances multifonctionnelles des agroécosystèmes
- **Axe 2:** Concevoir et évaluer des agroécosystèmes renforçant et capitalisant sur la biodiversité fonctionnelle à différentes échelles.
- **Axe 3:** Développer et tester des dispositifs et instruments de gouvernance et de politiques publiques efficaces pour repositionner les agroécosystèmes sur des trajectoires de durabilité.

Actions: consolider une communauté scientifique autour de concepts clés: 3 journées d'animation

2013: Intérêts et limites du concept de services écosystémiques

2013: Gestion de la biodiversité dans les agroécosystèmes

2015: Les concepts de système socio-écologique et système socio-technique

- Privilégier l'étude des **compromis entre services** dans des **paysages agricoles** : quelle organisation du territoire privilégier pour atteindre un bouquet de services ?
- Quels **dispositifs organisationnels, quelles méthodes** pour **gérer** la multiplicité des services écosystémiques visés (y c la production)

3 & 4 MAI 2017

Actions: favoriser des projets inter-unités → 4 post-docs

- ◆ Joining Effects and respoNse traits in biological Networks to analyze the provision of goods and services by biodiversity (JENNY): **Marine Zwicke Ecosys (Mickael Hedde) et Agronomie (Antoine Gardarin): Axe 1**
- ◆ Déterminants de l'évolution de la diversité d'une espèce cultivée à l'échelle des paysages et conséquences pour les services écosystémiques: **Rémi Perronne GQE (Isabelle Goldringer), Agronomie (David Makowski), BioGer (Claude Pope), SADAPT (Mourad Hannachi): Axe 3**
- ◆ Explorer avec les acteurs de nouveaux instruments de politiques publiques : le cas des MAE dans un territoire à haute valeur naturelle: **Pierre-Yves Hardy SADAPT (Véronique Souchère) et EcoPub (Maia David): Axe 3**
- ◆ Arbitrages entre production agricole et autres services écosystémiques basés sur la biodiversité à différentes échelles spatiales : **Maria Perez Urdiales EcoPub (Vincent Martinet) et SADAPT (Rodolphe Sabatier): Axe 2**

→ 3 présentations + 1 poster

Apports

- ❖ **Production scientifique** : Nombreuses publications issues des 4 post-docs: 4 soumises et 7 en préparation; 2 contributions à des ouvrages; 12 présentations orales et 9 posters en congrès

- ❖ **Formation**:
 - ✧ Nombreuses utilisations des résultats en formation APT et autres
 - ✧ Utilisation des résultats de PY.Hardy dans l'Ecole-Chercheur ComMod
 - ✧ Encadrement de 12 stages
 - ✧ Formation d'une doctorante à certaines techniques en économie

- ❖ **Partenariats** :
 - ✧ De nouvelles collaborations internationales initiées: Univ Californie, ETH Zurich, consortium européen pour montage de plusieurs projets,

Plus-Value de BASC

- ❖ Collaborations nouvelles ou renforcées:
 - ✧ Agronomie et pôle Ecotox de Ecosys
 - ✧ Economie Publique et SAD-APT → collaborations autour de nouveaux objets et de nouvelles méthodes
 - ✧ GQE – BioGer – SADAPT – Agronomie → élargissement vers un groupe de travail pluridisciplinaire local (génétique, agronomie, phytopathologie, géographie, sci économiques, sci de gestion)

- ❖ Nouvelles approches / nouvelles questions de recherche grâce à de nouvelles collaborations pluridisciplinaires:
 - ✧ Analyse originale et inédite des interactions quadripartites colza-légumineuses-adventices-vers de terre
 - ✧ Nouvelle approche, plus économique, de la question des arbitrages entre SE
 - ✧ Introduction d'une dimension 'politiques publiques' dans le jeu de rôles
 - ✧ Approche nationale du lien entre diversité cultivée et durabilité des agroécosystèmes: analyse originale des déterminants

Perspectives

- ❖ Acquisition de nouvelles compétences:
 - ✧ Profil de CR construit et déposé → recrutement de H.Dakpo (UMR Economie Publique) en 2016
 - ✧ Soutien financier du dept SAE2 pour transmission des compétences acquises et initier collaborations internationales (Univ Californie)
- ❖ Nouveaux projets :
 - ✧ Plusieurs projets européens construits, mais non retenus
- ❖ Nouveaux projets pour le LabEx BASC :
 - ✧ Un projet soumis à l'AO Emergence, non retenu
 - ✧ Deux nouveaux projets-phares pour BASC:
 - ✓ INDISS (conception et innovation dans les systèmes sociotechniques),
 - ✓ API-SMAL (Agroecology and policy instruments for sustainable multifunctional agricultural landscapes)



Projet JENNY

Post-doctorat de **Marine Zwicke**

Co-encadrement Antoine Gardarin¹ et Mickael Hedde²

Avec la participation de Céline Richard-Molard²

1 UMR Agronomie, Grignon

2 UMR Ecosys Versailles



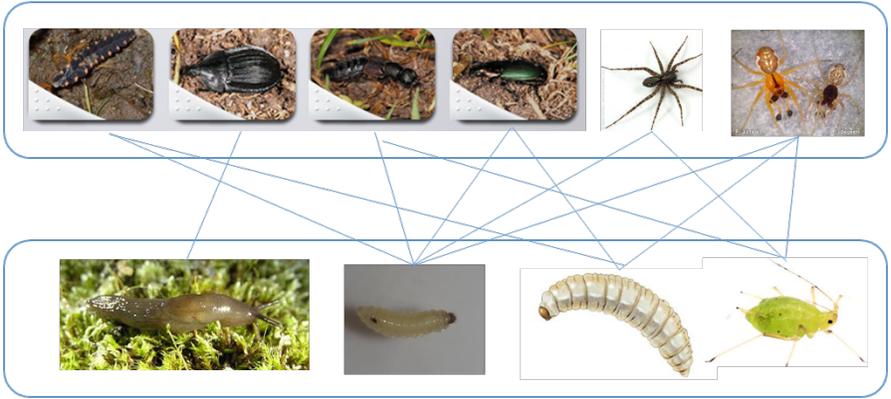
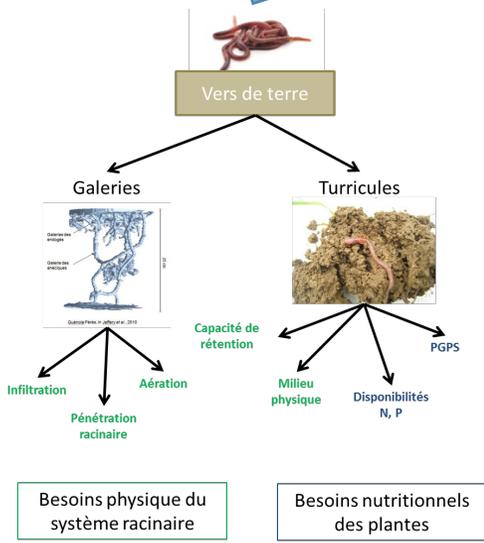
Depuis les 20 dernières années, les cultures d'oléagineux ont augmenté de 50% en Europe pour répondre à de nombreux usages

Approche agro-écologique pour lever un bilan environnemental défavorable (fertilisation, protection phytosanitaire)



Croissance

Biocontrôle



Objectifs et questions

Evaluer les services rendus par la biodiversité liée au sol, en étudiant son fonctionnement, et en mettant l'accent sur les connexions entre les compartiments aérien et souterrain

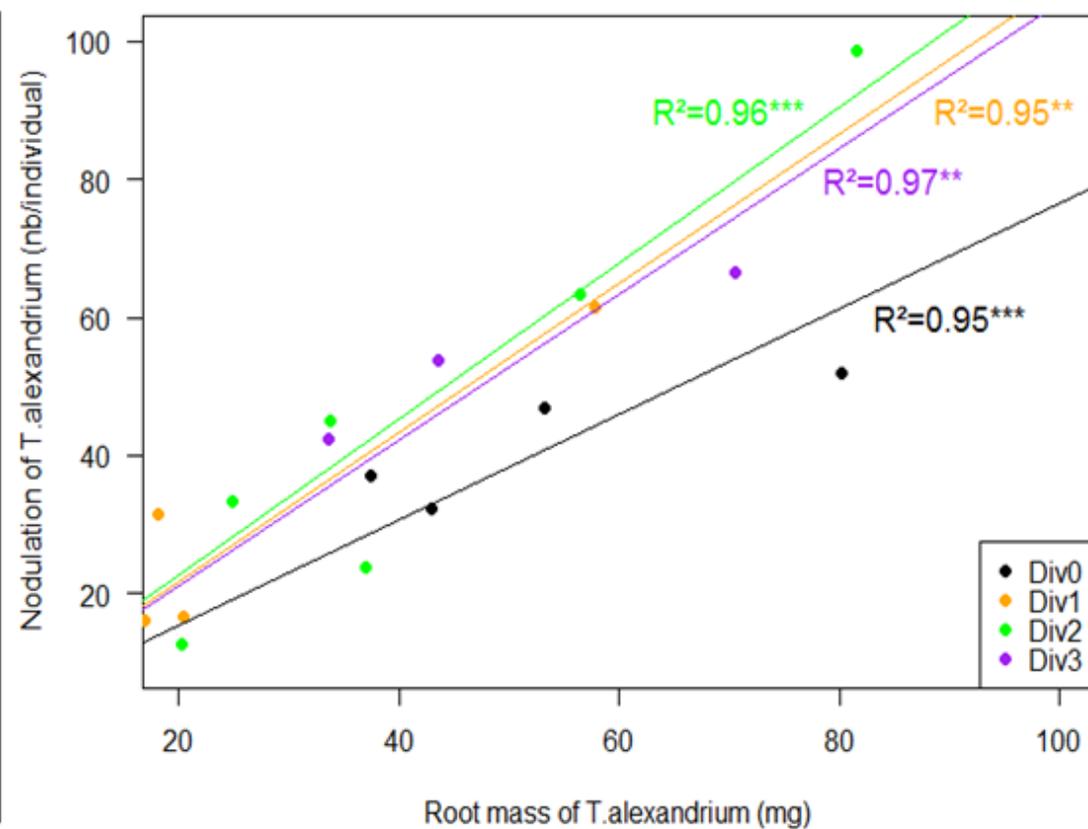
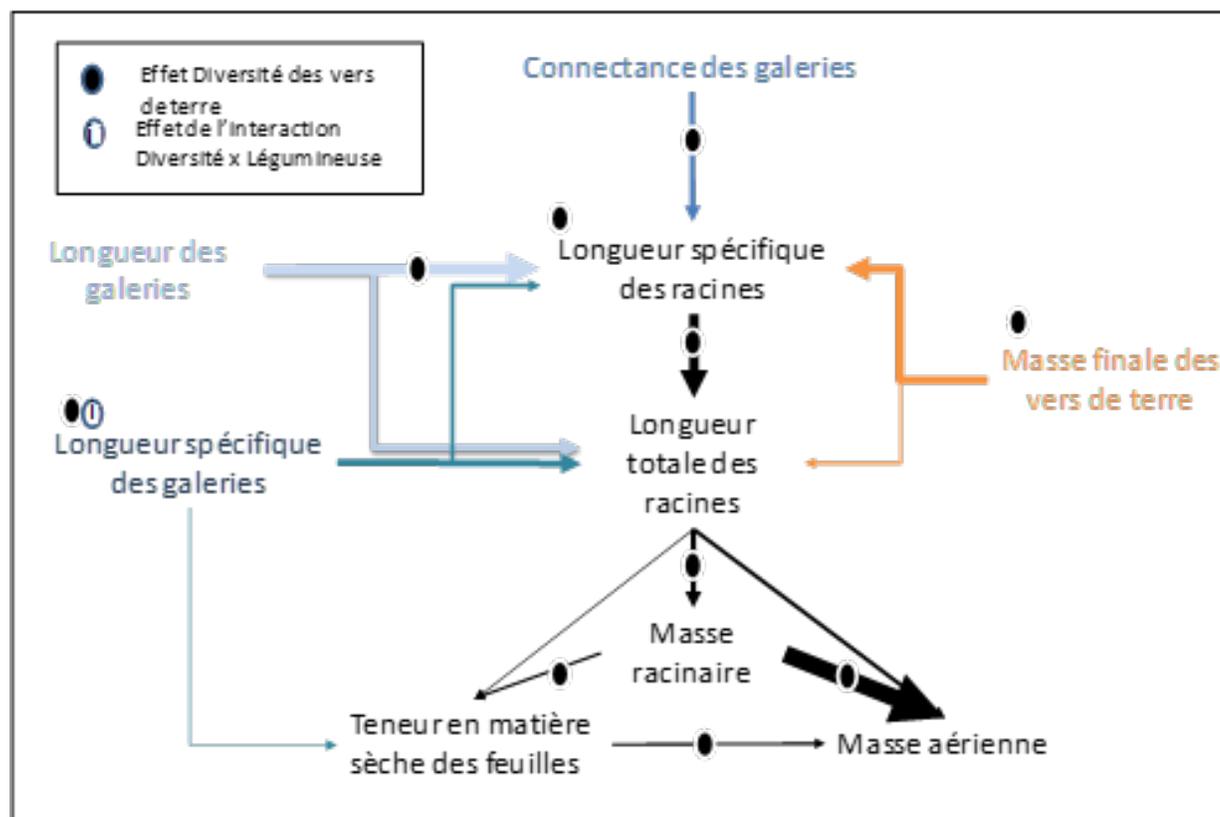
Plus précisément, deux questions :

(1) Comment la diversité fonctionnelle des vers de terre modifie les interactions entre plantes (colza, légumineuses et adventices) dans un couvert associé ?

(2) Quel est le rôle de la diversité fonctionnelle des bandes fleuries sur les communautés d'invertébrés du sol et les fonctions écologiques dans les cultures adjacente de colza ?

Comment la diversité fonctionnelle des vers de terre modifie les interactions entre plantes dans un couvert associé ?





Plus-value BASC

La collaboration entre nos trois équipes (UMR Agronomie, pôle Ecotox et Eco&Phy de l'UMR Ecosys) n'aurait jamais existé sans ce projet BASC, aucun des partenaires n'aurait jamais analysé les interactions quadripartites colza-légumineuses-adventices-vers de terre de cette manière.

Chaque équipe analyse les interactions entre un nombre très restreint de composantes biologiques. Ce financement par BASC a apporté une forte originalité dans les questions de recherche traitées.

Valorisation et formation

- Un chapitre dans le livre "La vie souterraine des sols. Des enjeux majeurs pour l'agroécologie" QUAE Ed Disponible depuis le 4 mai
- 1 article soumis, 2 articles à soumettre en 2017 + 2 en 2018
- 4 communications orales + 3 communications par poster
- 1 intervention dans un GIEE (Magellan, Nièvre)
- 7 étudiants encadrés

Suites

- Réponse à l'appel d'offre Emergence du Labex BASC 2016 par M Zwicke & C Richard-Molard (2016) sur les « Effets de la diversité fonctionnelle des vers de terre sur les interactions dans les couverts associés ».
 - Ce projet n'a pas été retenu.
- Un projet de plus grande envergure en pré-maturation
 - comprendre les compromis/synergies entre services écosystémiques d'approvisionnement (production agricole), de support (maintien de la biodiversité, qualité chimique et physique des sols) et de régulation (bouclage des cycles, régulation des ravageurs) issus des fonctions rendues par les réseaux d'interactions sous couvert végétal complexe.
 - consortium de chercheurs impliqués en agroécologie avec des spécialités complémentaires : des écologues spécialistes des microorganismes (libres et symbiotiques) et de la faune des sols, des écophysiologistes des plantes (racines et parties aériennes), des biogéochimistes et des modélisateurs.

BotNidVeau : un jeu pour créer un espace d'échange collectif et multi enjeux afin d'initier de nouvelles MAEs

Concilier la gestion des niveaux d'eau, la conservation de la biodiversité et le maintien de l'activité agricole dans un marais desseché

Pierre-Yves HARDY

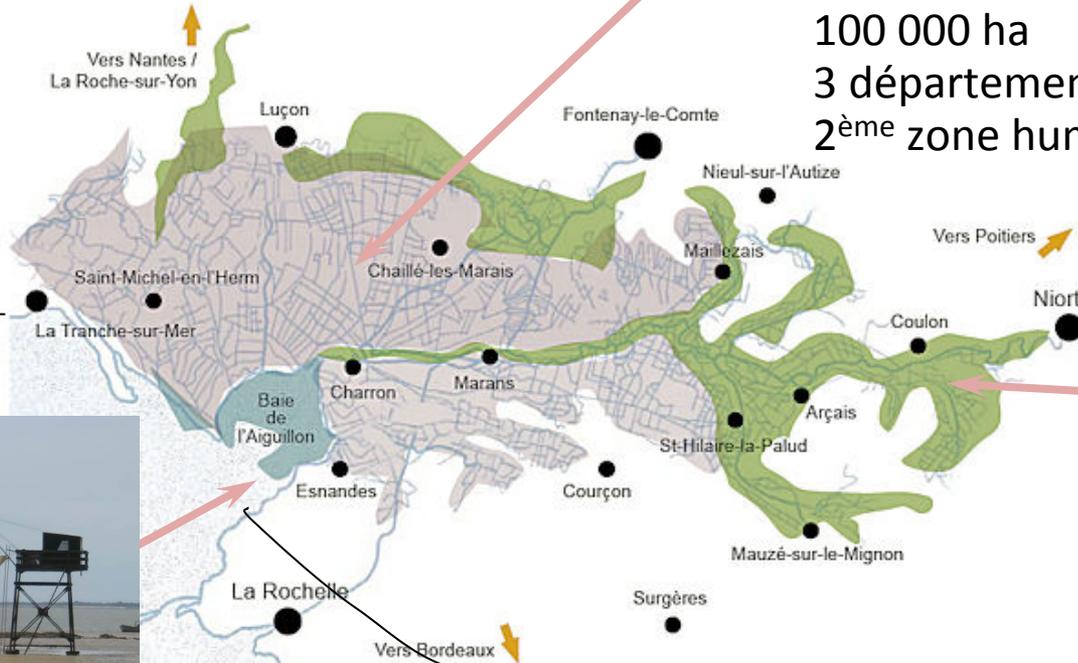
Anne Dray, Maia David, Patricia Grené, Cécile Helan, Eric Kerneis, Rodolphe Sabatier, Brigitte Remy, Marion Sorrieul, Véronique Souchère, Muriel Tichit

Contexte et problématique

Grandes plaines



100 000 ha
3 départements
2^{ème} zone humide de France



Marais
Poitevin

- Marais mouillés
- Marais desséchés
- Près salés et vasières

JdR BotNidVeau

3 rôles différents (7 Agriculteurs, 2 présidents ASM, 1 naturaliste) dont les actions (Agriculteurs; choisir et localiser cultures, Faire pâturer et/ou faucher prairies; Naturaliste: Gérer sa réserve, détecter et protéger les busards, inciter protection des chevaliers et vanneaux, Présidents: gérer les niveaux d'eau des casiers) ont des conséquences sur l'attractivité du milieu pour les oiseaux et leur survie, sur l'inondation des parcelles et le revenu des exploitations ...

... au sein d'un territoire virtuel de 512 ha représentant deux ASM, composé de parcelles de cultures (16ha) et de prairie (4ha) entourées de fossés ...



... pendant une durée de 3 ans où les participants vont pouvoir choisir d'adhérer à différentes politiques publiques (MAE classique, MAE Bonus, GIEE).

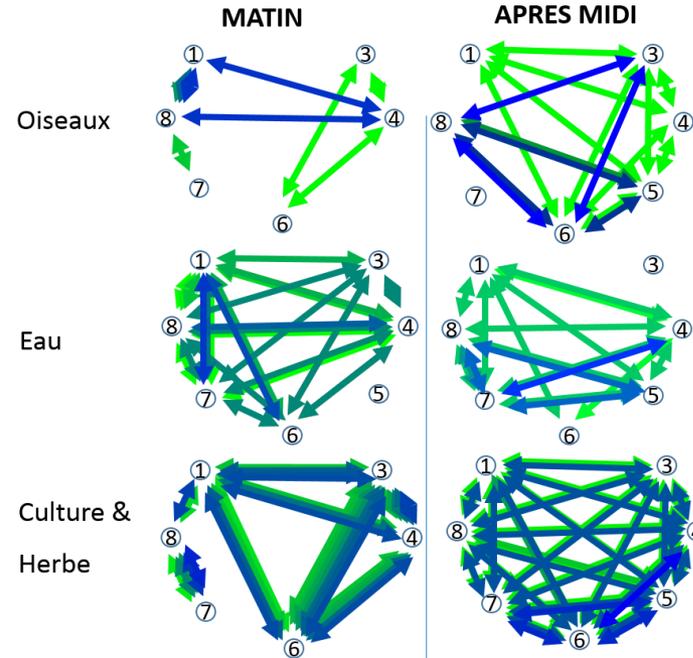
Résultats

Un choix de MAE classique le matin pour faire face aux besoins économiques, une constitution de deux GIEEs l'après midi avec création d'un espace d'échange collectif et multi-enjeux

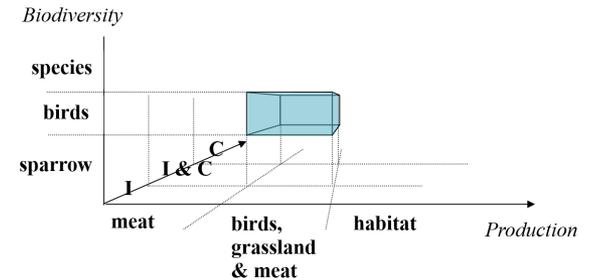
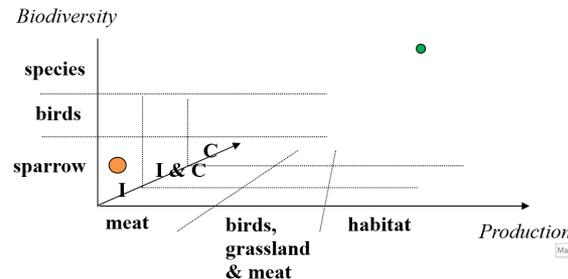
- production d'oiseaux
- raisonnent spatial entre eaux et agriculture
- changement de sémantique
- travail collectif



SESSIONS DE JEUX



BILAN



Perspectives

- Publication d'un article dans Ecology and Society (in prep)
- Réflexion sur l'activité de pâturage / fauche (modélisation dans le jeu et jouabilité des dynamiques sur la plateforme)
 - > continuer à développer le code informatique pour automatiser la récupération des décisions des acteurs et améliorer la jouabilité
- Confrontation avec les méthodes en économie expérimentale, implication de l'approche de modélisation d'accompagnement dans un cadre d'économie politique
- Utilisation du jeu sur un nouveau terrain en Normandie dans le cadre du projet API-SMALL
 - > continuer à imaginer de nouvelles politiques publiques)

Évolution de la diversité cultivée du blé tendre en France et identification de ses déterminants: une synthèse

Rémi Perronne

encadrement: Isabelle Goldringer

équipe DEAP

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

Éléments de contexte

❑ Blé tendre: première céréale cultivée en France (env. 5Mha)

❑ Pourquoi étudier la diversité cultivée ?:

plus grande diversité cultivée = meilleure résilience des agro-écosystèmes face aux instabilités climatiques et pressions pathogènes

❑ Au XX^{ème}, diversité génétique du blé a subi une double réduction:

✓ remplacement progressif variétés de pays par variétés lignées pures modernes

✓ adoption généralisée variétés adaptées à l'agriculture « intensive »

Principaux objectifs

❑ Caractériser la structuration spatio-temporelle de la diversité en France entre 1980 et 2006

❑ Identifier les déterminants de cette structuration spatio-temporelle

Ces objectifs ont donné lieu à des études complémentaires:

❑ Décrire l'évolution des déterminants institutionnels de la filière blé tendre

❑ Proposer une méthodologie pour caractériser le turnover variétal et génétique

❑ Etudier l'influence de la rouille jaune sur le cycle de vie variétal

Question 1: Existe-t-il une structuration spatio-temporelle de la diversité cultivée en blé tendre en France entre 1980 et 2006 ?

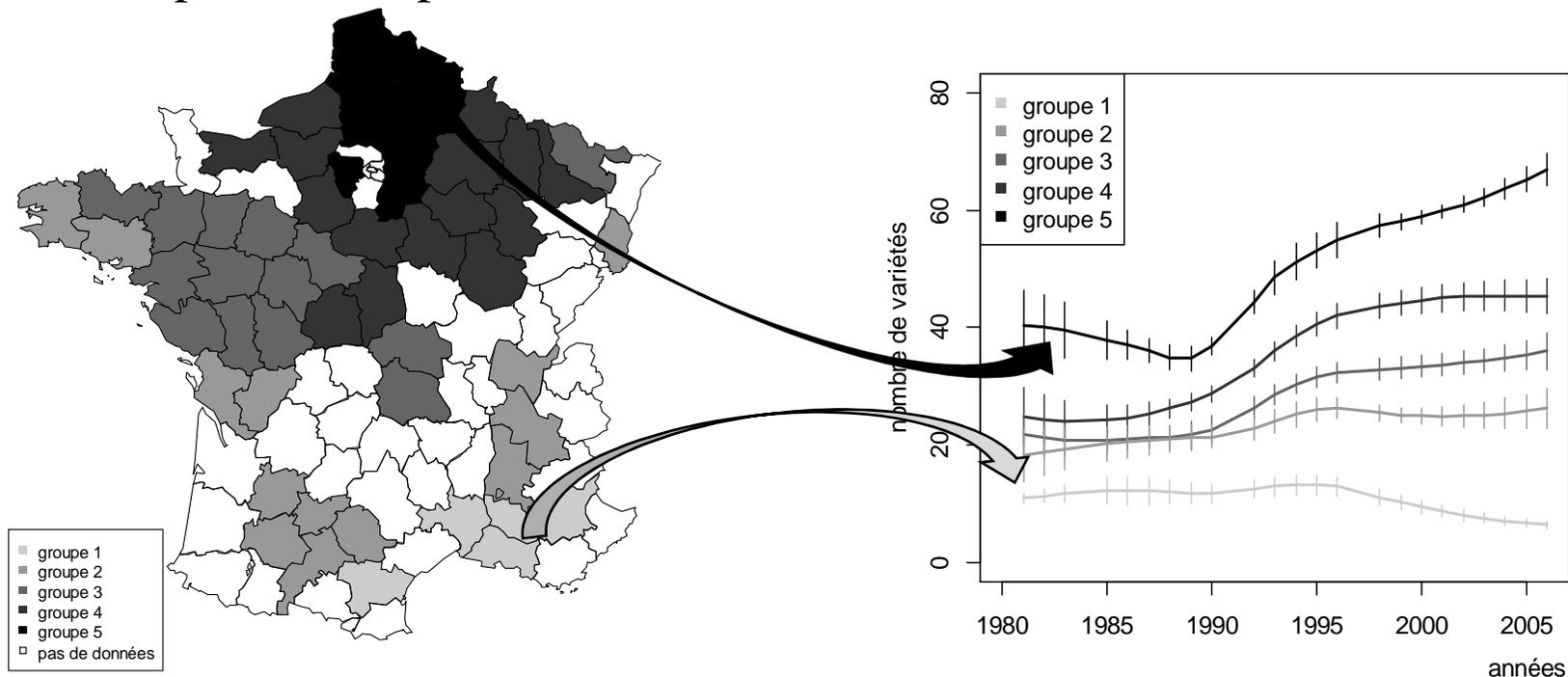
Données et Approche statistique

□ Données (échelle départementale, période 1980-2006)

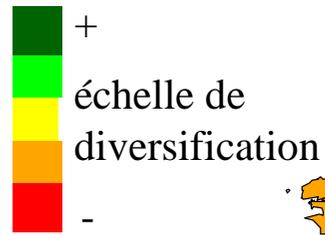
- ✓ proportions des surfaces par variété (FranceAgriMer)
- ✓ caractérisation génétique (35 marqueurs microsatellites)
- ✓ choix d'indicateurs de diversité

□ Approche statistique (DAPC)

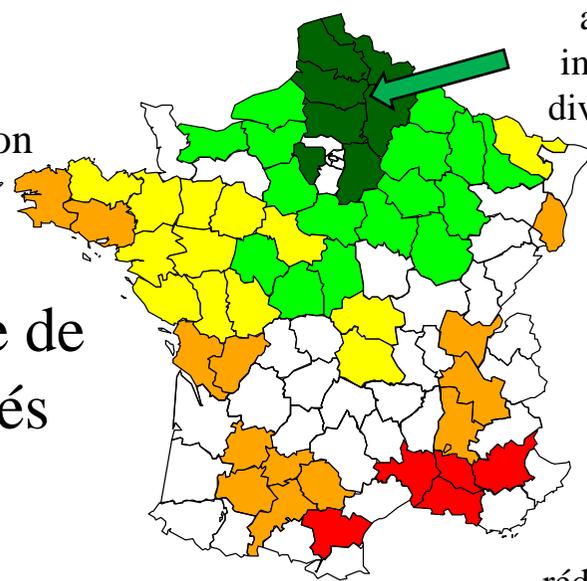
- ✓ analyse multivariée et clustering sur les séries temporelles par département
- objectif: identifier des groupes de départements présentant une évolution temporelle comparable de leur niveau de diversité (ex. ci-dessous, le nombre de variétés)



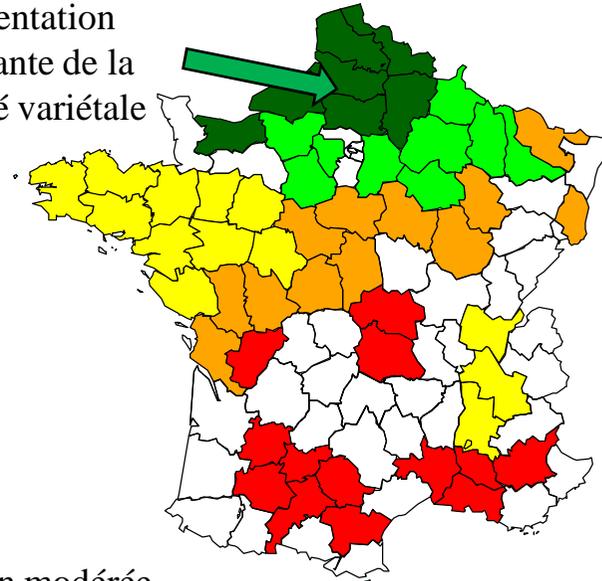
Résultats: une structuration spatio-temporelle de la diversité variétale et génétique



nombre de variétés

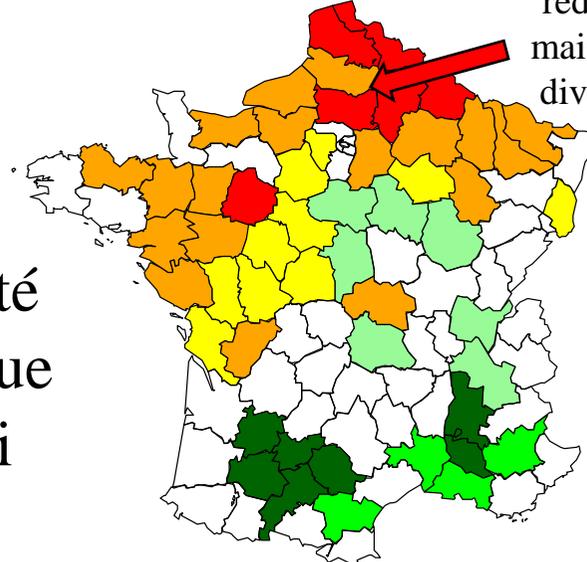


augmentation importante de la diversité variétale

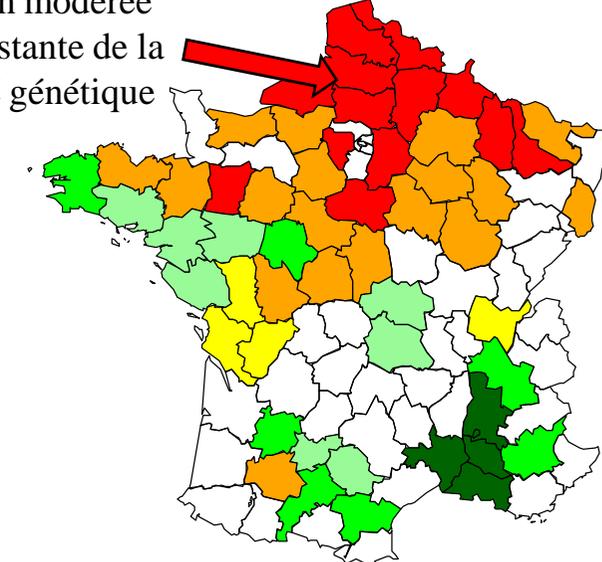


diversité variétale spatiale

diversité génétique de Nei

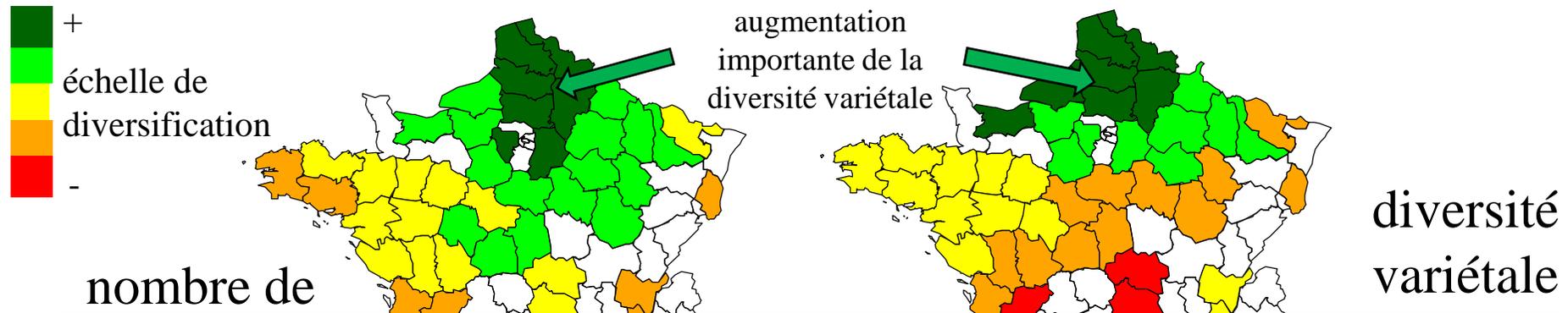


réduction modérée mais constante de la diversité génétique

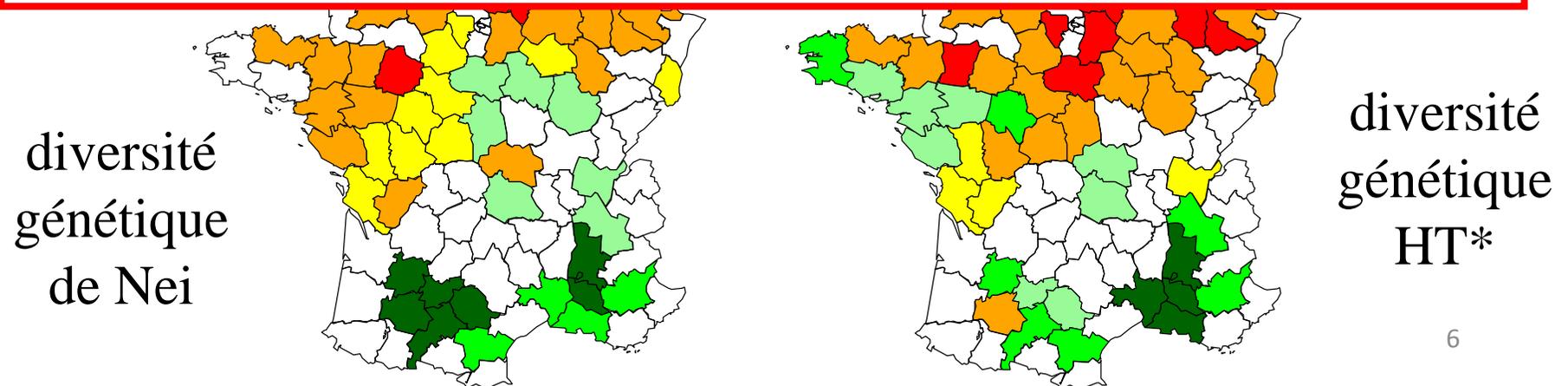


diversité génétique HT*

Résultats: une structuration spatio-temporelle de la diversité variétale et génétique



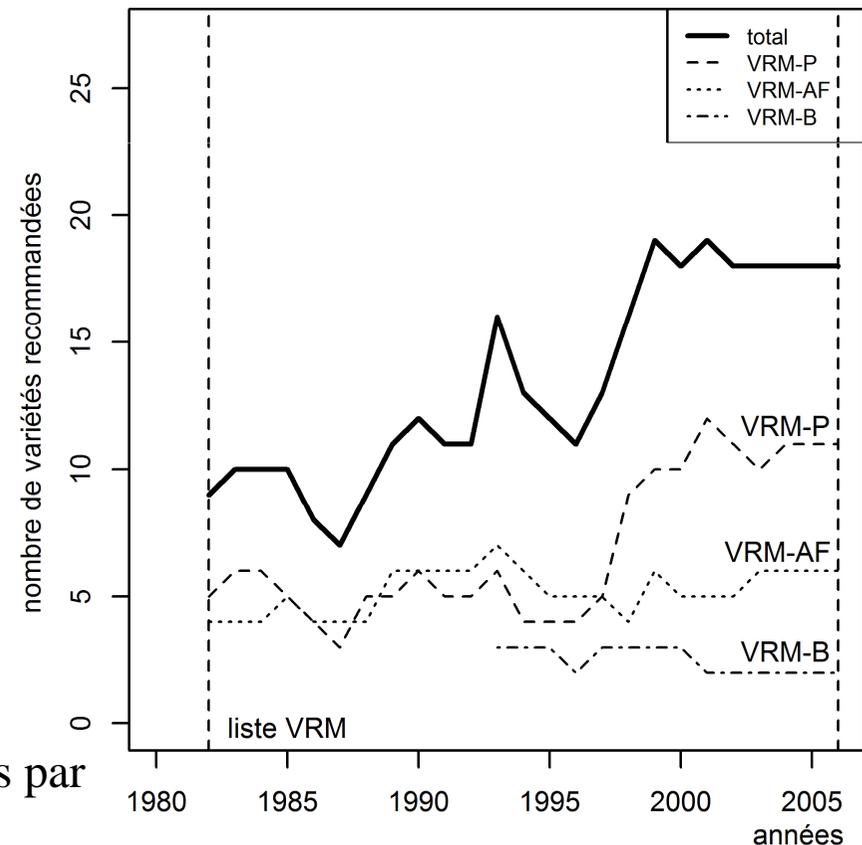
Les composantes variétale et génétique de la diversité cultivée présentent des évolutions temporelles opposées et spatialement structurées, suggérant que des déterminants différents pourraient avoir affecté la diversité cultivée en blé tendre à l'échelle régionale.



Quelques hypothèses sur l'influence du contexte socio-économique sur l'évolution de la diversité cultivée

Résultats: trois déterminants principaux

- accroissement de l'offre variétale et de sa disponibilité
 - augmentation du nombre de variétés disponibles au Catalogue Officiel
 - augmentation du nombre de variétés recommandées par les différents acteurs
- évolution des débouchés et segmentation accrue du marché
- différenciation des gammes de variétés des distributeurs
 - éviter une mise en concurrence au voisinage des bassins de production



évolution du nombre de variétés recommandées par l'ANMF sur sa liste VRM entre 1982 et 2006

Question 2: Quels ont été les principaux déterminants de la structuration spatio-temporelle de cette diversité?

Données et Approche statistique

❑ Critère de choix des déterminants potentiels

hypothèses de causalités a priori entre indicateurs de diversité et déterminants

ex. proportion de maïs précédent blé → fusariose → choix variétés résistantes

⇒ réduction du nombre de variétés pertinentes, dominance de certaines variétés

Données (après retrait des variables non pertinentes et corrélées entre elles)

✓ surface assolée en blé tendre

✓ proportion maïs et blé comme précédent du blé

✓ diversité des précédents du blé E_2

✓ nombre de coopératives

✓ niveau de risque cinq principaux pathogènes foliaires (septoriose, oïdium, fusariose, rouille brune, rouille jaune)

❑ Approche par régressions multiples

✓ recherche du meilleur modèle sur la base de l'AICc

❑ Approche complémentaire basée sur une enquête auprès d'experts

Résultats

□ Les déterminants retenus expliquent davantage la diversité variétale que la diversité génétique neutre

✓ uniquement descripteurs du système agricole (21.0% vs 3.5%, 25 années)

✓ ensemble des descripteurs (48.8% vs 18.5%, 9 années)

Rem: ces résultats sont cohérents avec les résultats de l'enquête auprès des experts

□ Les meilleurs modèles identifiés reposent toujours sur plusieurs variables complémentaires

ex pour N₂: surface totale blé (+) > diversité précédents culturaux (+) > risque de septoriose (+) > risque de rouille brune (-) > nombre de coopératives (-) > risque de fusariose (-)

Rem: ces résultats sont cohérents avec les résultats de l'enquête auprès des experts (à l'exception du nombre de coopératives)

□ la diversité des précédents culturaux est corrélée positivement aux indicateurs de diversité variétale et génétique

suggérant qu'une diversification des assolements pourrait représenter un levier afin de réduire la vulnérabilité génétique potentielle du blé tendre à échelle paysagère

Perspectives scientifiques

☐ valorisation scientifique

✓ articles publiés

- 1- Perronne, R., Makowski, D., Goffaux, R., Montalent, P. & Goldringer, I. 2017. Temporal evolution of varietal, spatial and genetic diversity of bread wheat between 1980 and 2006 strongly depends upon agricultural regions in France. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 236: 12-20
- 2- Perronne, R., Hannachi, M., Lemarié, S., Fugerey-Scarbel, A. & Goldringer, I. 2016. L'évolution de la filière blé tendre en France entre 1980 et 2006 : quelle influence sur la diversité cultivée ? *Notes et études socio-économiques* 41: 83-113.

✓ articles en révision

- 3- Perronne, R.*, Diguët, S.*, de Vallavieille-Pope, C., Leconte, M., Enjalbert, J. A framework to characterize the commercial life cycles of crop varieties: application to a case study, the influence of yellow rust epidemics on French bread wheat varieties. *Field Crops Research*
- 4- Perronne, R. & Goldringer I. Using a partitioning procedure based on Rao quadratic entropy index to analyze the temporal evolution of in situ varietal and genetic diversity: the case of bread wheat in France over the period 1981-2006. *Theoretical and Applied Genetics*

✓ article en préparation

- 5- Rémi Perronne, David Makowski, Céline Schott, Mourad Hannachi, Robin Goffaux, Pierre Montalent, Jean-Noël Aubertot, Vincent Cellier, Stéphane Lemarié, Aline Fugerey-Scarbel, Claude de Vallavieille-Pope, Marc Leconte, Jérôme Enjalbert, Juan Fernandez-Manjarrés, Marie Stetzler, Solène Diguët, Nicolas Poulain, Christophe Bonneuil, Isabelle Goldringer. Relative influence of spatially structured temporal changes of cropping systems, injury profiles and institutional determinants on bread wheat diversity spatio-temporal structure in France

☐ poursuite de certaines pistes de recherche (et collaborations associées) :

- ✓ piste 1: influence des facteurs socio-économiques et réglementaires sur l'évolution du niveau de diversité génétique entre 1980 et 2015 (projet IDEEV 2017-2018, financement 7000 euros)
- ✓ piste 2: recherche de variétés caractérisées par des résistances durables sur la base d'une description du cycle de vie commerciale (stage actuel d'Emma Girard, co-encadrement: Jérôme Enjalbert, Claude de Vallavieille-Pope)^{1,2}

Collaborations et remerciements

LabEx BASC

- David Makowski (Agronomie)
- Claude de Vallavieille-Pope et Marc Leconte (BIOGER)
- Mourad Hannachi (SADAPT)
- Juan Fernandez-Manjarrés (ESE)

Autres collaborations de recherche

- Céline Schott (SAD-ASTER)
- Robin Goffaux (FRB)
- Jean-Noël Aubertot (AGIR)
- Vincent Cellier (UE Epoisses-Bretenières)
- Stéphane Lemarié et Aline Fugerey-Scarbel (GAEL)

Echanges avec d'autres acteurs:

FranceAgriMer, Gnis, Geves, Coop de France, Arvalis, SICASOV, ANMF

Résultats opérationnels (en cours)

- développement de méthodologies d'analyses (de la structure spatio-temporelle de la diversité, de caractérisation de résistances durables)
- mise à disposition de données traitées (ex. PESTOBSERVER, Jean-Noël Aubertot)
- poursuite éventuelle en construisant un projet européen (ex. CESAB)**



En vous remerciant de votre attention

Je tiens à remercier notamment

Isabelle Goldringer¹, Jérôme Enjalbert¹, David Makowski², Céline Schott³, Mourad Hannachi⁴, Robin Goffaux⁵, Pierre Montalent¹, Jean-Noël Aubertot⁶, Vincent Cellier⁷, Stéphane Lemarié⁸, Aline Fugerey-Scarbel⁸, Claude de Vallavieille-Pope⁹, Marc Leconte⁹, Jérôme Enjalbert¹, Juan Fernandez-Manjarrés¹⁰, Marie Stetzler¹, Solène Diguët¹, Nicolas Poulain¹, Emma Girard¹

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

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

³UPR 055 ASTER, 662 Avenue Louis Buffet, F-88500 Mirecourt, France

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

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

⁶UMR 1248 AGIR, F-31326 Castanet-Tolosan, France

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

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

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

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