

Méthodologie de la sélection décentralisée et participative : un exemple sur le blé tendre.

Pierre Rivière

15 janvier 2014, Gif sur Yvette



Sommaire

- 1 Système semencier et souveraineté alimentaire
- 2 Description et analyse de la méthodologie mise en place
- 3 Analyse phénotypique du programme de sélection participative
- 4 Évaluation phénotypique et moléculaire du programme
- 5 Transition vers un système semencier adapté à l'agroécologie

1 Système semencier et souveraineté alimentaire



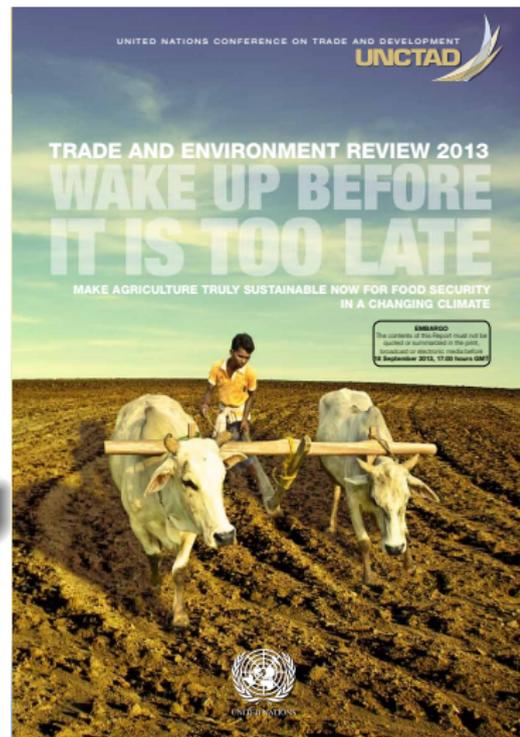
Souveraineté alimentaire, agroécologie et semences

Il y a un consensus au niveau des rapports internationaux :

- Dans les pays du nord, le système agricole intensif n'est pas durable.
- Le changement climatique a un impact négatif sur la production agricole.

l'agriculture doit changer de paradigme

(FAO, 2010; MEA, 2005; Pimentel et al., 2005; FAO, 2013; IAASTD, 2008).



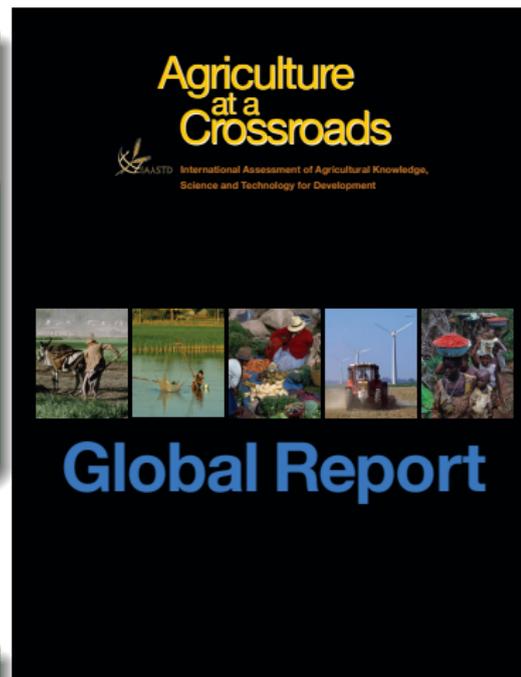
Souveraineté alimentaire, agroécologie et semences

L'International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD) promeut :

- le développement de l'agroécologie,
- les recherches interdisciplinaires,
- l'association des connaissances et savoirs locaux avec les savoirs scientifiques formels.

Agroécologie : agronomie + écologie

L'agroécologie repose notamment sur la valorisation de l'agrobiodiversité.



(IAASTD, 2008).

Stratégies de gestion des ressources génétiques

La gestion *ex-situ*

Gestion **statique** par des centres de ressources génétiques.

Conserver des accessions à l'identique.



crédit : GNIS

La gestion *in-situ*

Gestion **dynamique** dans les champs. Conserver la diversité génétique et les processus évolutifs.



Stratégies de sélection variétale pour l'agroécologie

- Les systèmes basés sur l'agroécologie représentent une grande diversité.
- Valoriser les interactions génotype \times environnement ($G \times E$) (Murphy et al., 2007; Desclaux et al., 2008)

\Rightarrow Décentraliser la sélection dans les environnements cibles : les fermes.
Favoriser l'adaptation locale ($G + G \times E$).
Prise en compte du contexte agroécologique et socio-économique.

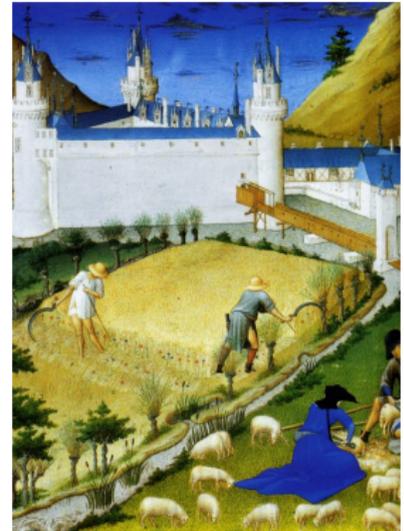
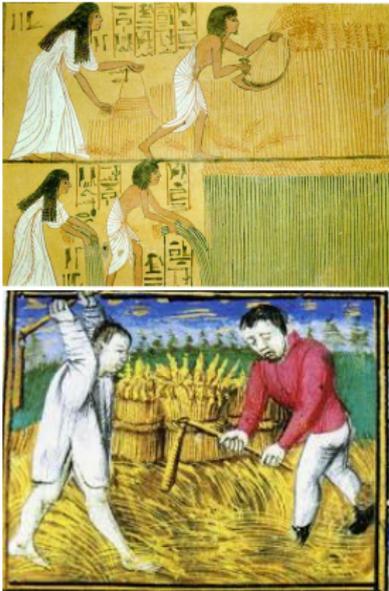
Stratégies de sélection variétale pour l'agroécologie

Développer des variétés populations hétérogènes. Celles-ci

- participent à la préservation de la biodiversité *in-situ* (Thomas, 2011),
- détiennent un potentiel pour s'adapter à la diversité des agrosystèmes (sélection darwinienne) (Döring et al., 2011),
- confèrent stabilité, résilience (Newton et al., 2010),
- contribuent aux services écosystémiques (Hajjar et al., 2008).

Participation des acteurs dans la sélection et la gestion des ressources génétiques

-10000 → XIX^{ème} siècle : les paysans sélectionneurs depuis le néolithique.



Participation des acteurs dans la sélection et la gestion des ressources génétiques

XIX^{ème} siècle → Aujourd'hui : professionnalisation de la sélection et institutionnalisation de la gestion des ressources génétiques.

- Sélection pour une agriculture intensive par des sélectionneurs.



crédit : S. Richard

Participation des acteurs dans la sélection et la gestion des ressources génétiques

XIX^{ème} siècle → Aujourd'hui : professionnalisation de la sélection et institutionnalisation de la gestion des ressources génétiques.

- Sélection pour une agriculture intensive par des sélectionneurs.
- Les ressources génétiques comme réservoir dans une gestion *ex-situ*.

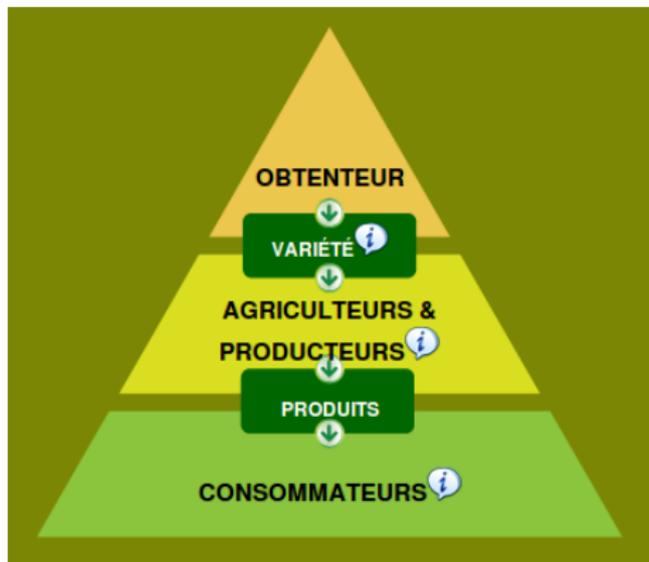


crédit : INRA

Participation des acteurs dans la sélection et la gestion des ressources génétiques

XIX^{ème} siècle → Aujourd'hui : professionnalisation de la sélection et institutionnalisation de la gestion des ressources génétiques.

- Sélection pour une agriculture intensive par des sélectionneurs.
- Les ressources génétiques comme réservoir dans une gestion *ex-situ*.
- Mise en place du catalogue avec les critères de Distinction, d'Homogénéité et de Stabilité (DHS).
Mise en place d'un système de propriété intellectuelle sur le vivant.



crédit : UPOV

Participation des acteurs dans la sélection et la gestion des ressources génétiques

- La biodiversité cultivée diminue (FAO, 1996; Goffaux et al., 2011) :

Participation des acteurs dans la sélection et la gestion des ressources génétiques

- La biodiversité cultivée diminue (FAO, 1996; Goffaux et al., 2011) :



- à l'intérieur des variétés,

populations
hétérogènes,
adaptées
localement,
évolutives

Participation des acteurs dans la sélection et la gestion des ressources génétiques

- La biodiversité cultivée diminue (FAO, 1996; Goffaux et al., 2011) :

- à l'intérieur des variétés,



populations
hétérogènes,
adaptées
localement,
évolutives



variétés homo-
gènes : lignées
pures, hybrides

Participation des acteurs dans la sélection et la gestion des ressources génétiques

- La biodiversité cultivée diminue (FAO, 1996; Goffaux et al., 2011) :

- à l'intérieur des variétés,
- entre les variétés,



populations
hétérogènes,
adaptées
localement,
évolutives



variétés homo-
gènes : lignées
pures, hybrides

Participation des acteurs dans la sélection et la gestion des ressources génétiques

- La biodiversité cultivée diminue (FAO, 1996; Goffaux et al., 2011) :

- à l'intérieur des variétés,
- entre les variétés,
- dans les paysages.



populations
hétérogènes,
adaptées
localement,
évolutives



variétés homo-
gènes : lignées
pures, hybrides

Participation des acteurs dans la sélection et la gestion des ressources génétiques

- La biodiversité cultivée diminue (FAO, 1996; Goffaux et al., 2011) :

- à l'intérieur des variétés,
- entre les variétés,
- dans les paysages.



populations
hétérogènes,
adaptées
localement,
évolutives



variétés homo-
gènes : lignées
pures, hybrides

- Il y a un manque de variétés pour les systèmes agroécologiques

Participation des acteurs dans la sélection et la gestion des ressources génétiques

- La biodiversité cultivée diminue (FAO, 1996; Goffaux et al., 2011) :

- à l'intérieur des variétés,
- entre les variétés,
- dans les paysages.



populations
hétérogènes,
adaptées
localement,
évolutives



variétés homo-
gènes : lignées
pures, hybrides

- Il y a un manque de variétés pour les systèmes agroécologiques

⇒ Besoin de créer de nouvelles variétés adaptées localement à la diversité des systèmes agroécologiques et qui contribuent à plus de biodiversité.

Participation des acteurs dans la sélection et la gestion des ressources génétiques

2000 → Aujourd'hui : la réappropriation de la sélection et de la gestion des ressources génétiques par la société civile.

La société civile : des paysans, des jardiniers, des consommateurs, des artisans semenciers, etc.

- Remise en question du système semencier actuel basé sur le productivisme, la centralisation et la propriété intellectuelle sur le vivant (Demeulenaere et Bonneuil, 2010).
- Besoin de nouvelles variétés adaptées à la diversité des contextes agroécologiques et socio-économiques.

Ces acteurs de la société civile se regroupent en associations.

Participation des acteurs dans la sélection et la gestion des ressources génétiques



Associer les acteurs à la sélection : la **sélection décentralisée** devient **participative** (Ceccarelli et Grando, 2007).

Approche multi-disciplinaire : génétique des populations, génétique quantitative, agronomie, statistique, sociologie, bio-informatique.



Contexte du projet de sélection décentralisée et participative sur le blé tendre en France

2005 : début d'une collaboration entre l'équipe DEAP de l'INRA du Moulon et le groupe blé du Réseau Semences Paysannes (RSP) dans un projet de sélection participative.



Objectifs du projet de sélection décentralisée et participative sur le blé tendre en France

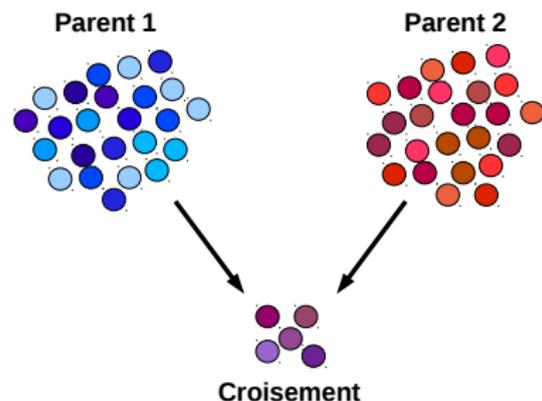
Les objectifs de ce projet, définis par les paysans et le RSP, sont

- ① la création des variétés-populations adaptées aux conditions locales, aux pratiques des paysans,
- ② le développement de méthodes et d'outils opérationnels pour la gestion de la biodiversité cultivée et la sélection à la ferme,
- ③ le renforcement de l'apprentissage et de l'autonomie des paysans en matière de gestion et de sélection des semences.

Ma thèse se concentre sur les deux derniers objectifs à travers une approche méthodologique.

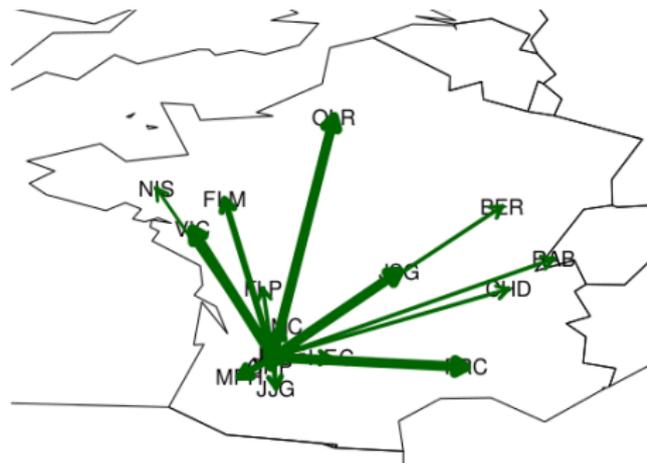
Contexte du projet de sélection décentralisée et participative sur le blé tendre en France

- 2005-2006 : 90 croisements.



Contexte du projet de sélection décentralisée et participative sur le blé tendre en France

- 2005-2006 : 90 croisements.
- 2008 : F3 distribuées à des fermes du RSP.



Contexte du projet de sélection décentralisée et participative sur le blé tendre en France

- 2005-2006 : 90 croisements.
- 2008 : F3 distribuées à des fermes du RSP.
- 2008 => aujourd'hui : populations cultivées chaque année dans une ou plusieurs fermes.



2 Description et analyse de la méthodologie mise en place



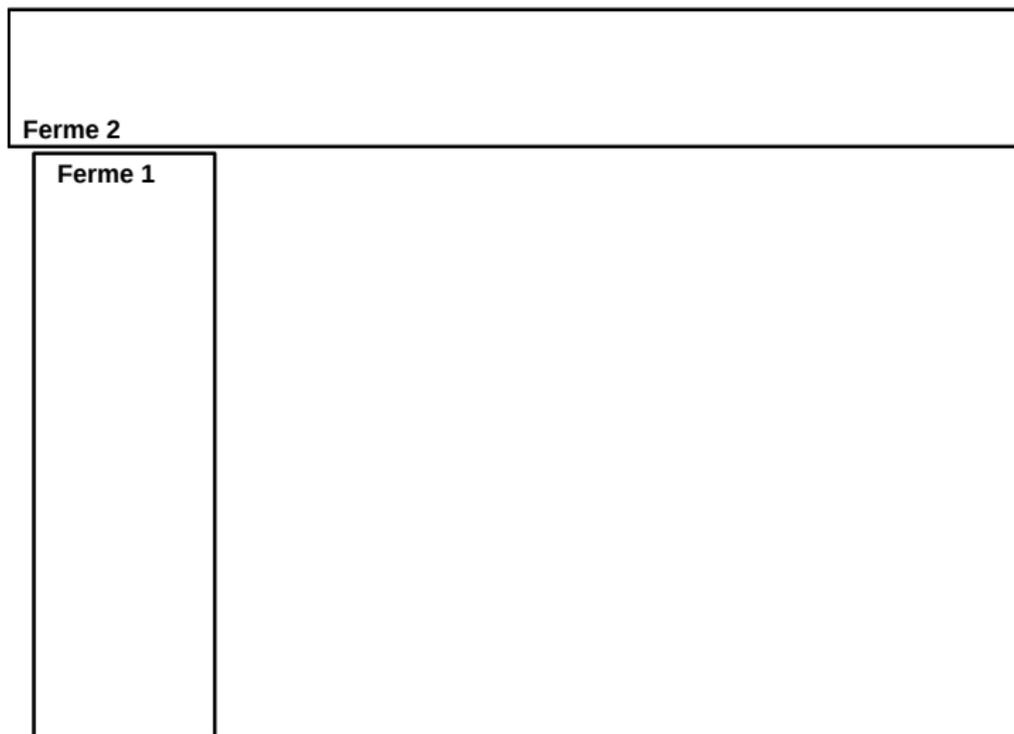
Organisations sociales dans lesquelles s'inscrivent les acteurs

organisations sociales	enjeux
Paysans	Développer des variétés adaptées à leur demande et se réapproprier la sélection et la gestion des semences pour gagner en autonomie.
Groupe blé RSP	Développer une méthodologie qui pour répondre aux objectifs des paysans et développer des outils pour mettre en place la méthodologie.
Équipe DEAP	Mettre en place une démarche scientifique, faire progresser les connaissances, publier les résultats.

Les acteurs communiquent et articulent une action commune grâce à un travail collectif articulé autour de la notion de « biodiversité » (Demeulenaere, 2009).

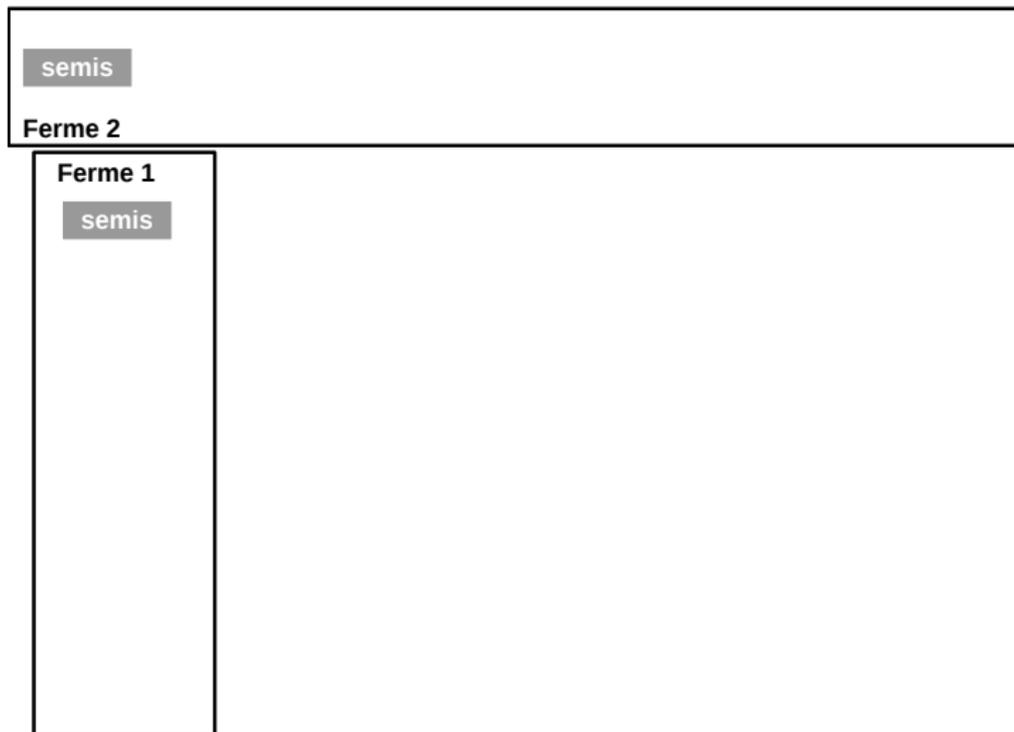
Co-construction de la méthodologie

Co-construction de la méthodologie



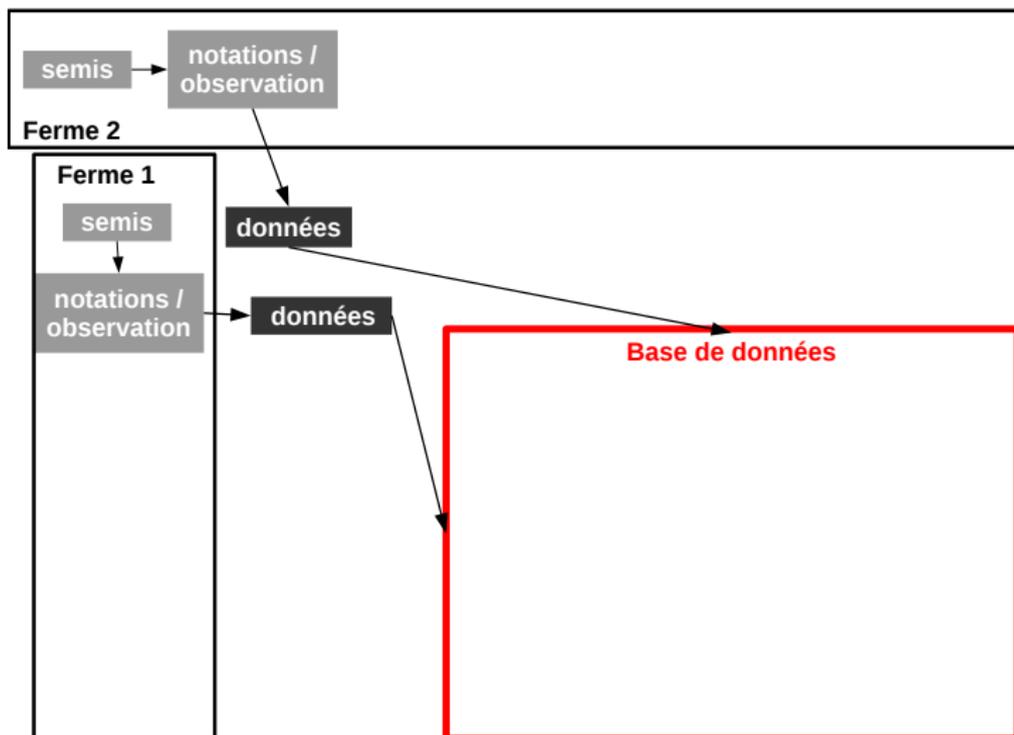
Co-construction de la méthodologie

Co-construction de la méthodologie



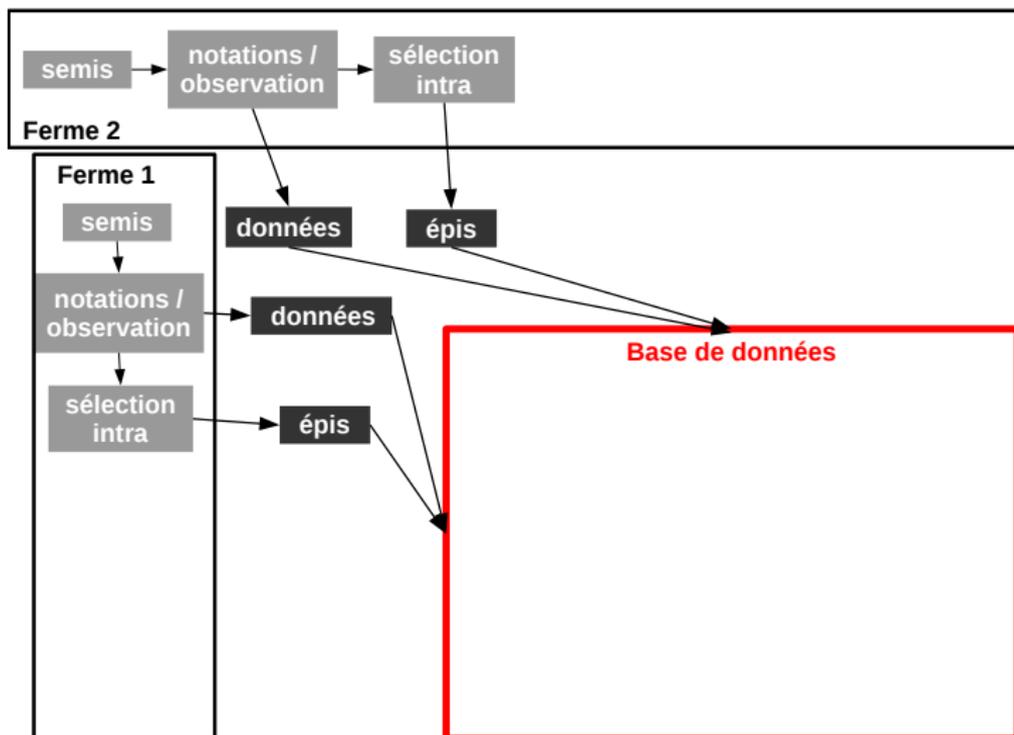
Co-construction de la méthodologie

Co-construction de la méthodologie



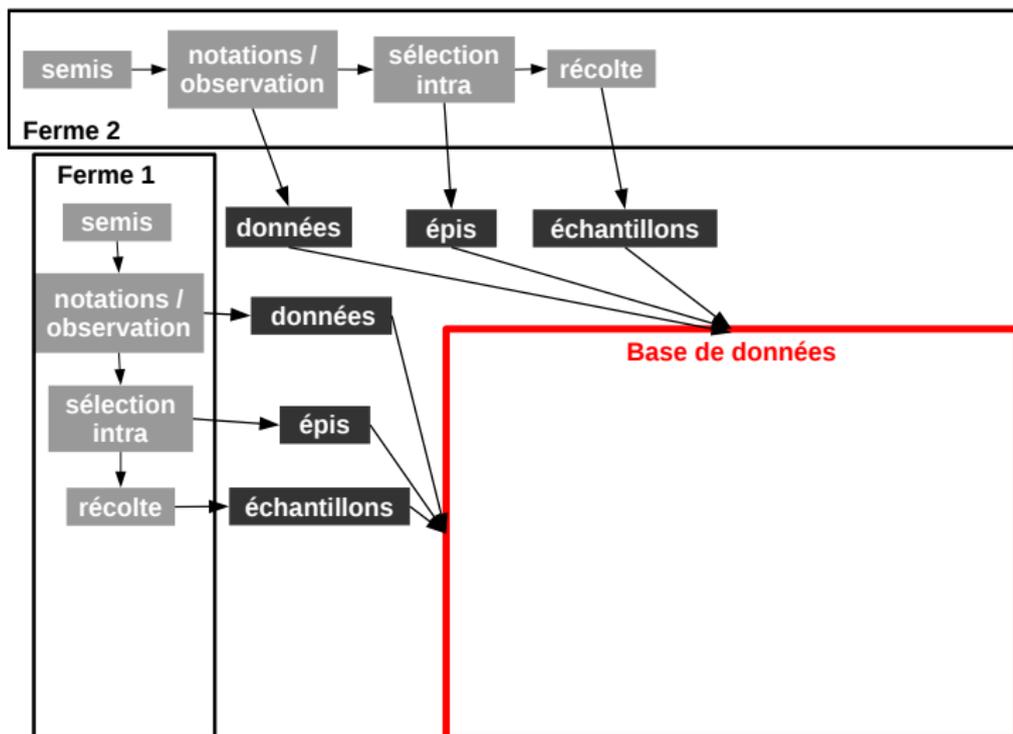
Co-construction de la méthodologie

Co-construction de la méthodologie



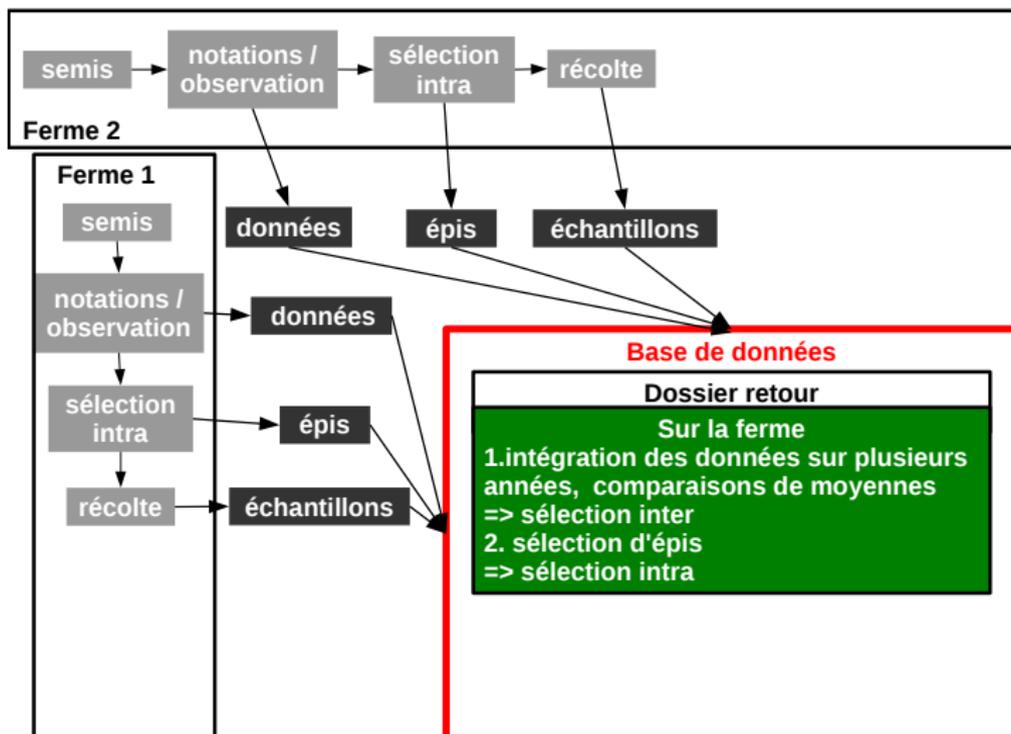
Co-construction de la méthodologie

Co-construction de la méthodologie



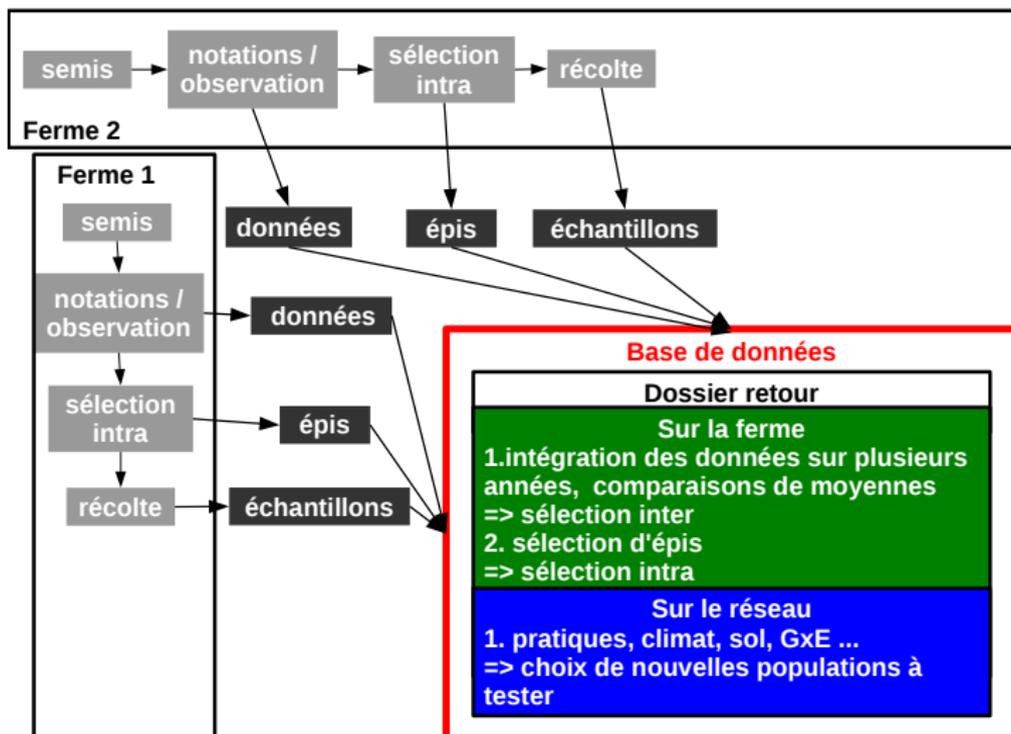
Co-construction de la méthodologie

Co-construction de la méthodologie



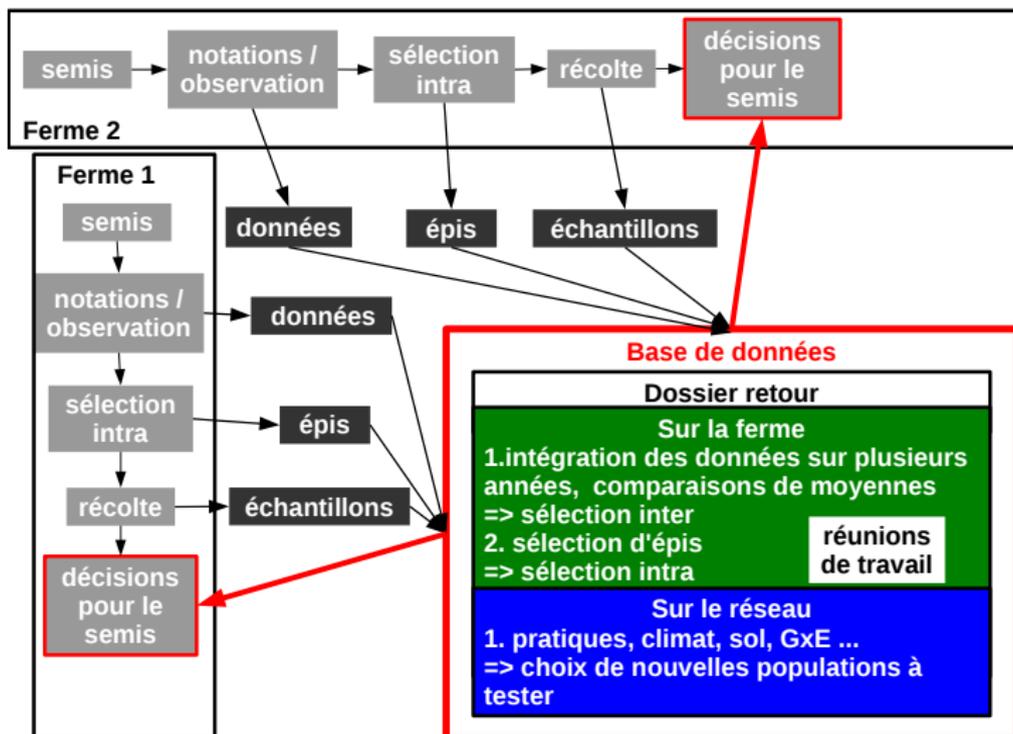
Co-construction de la méthodologie

Co-construction de la méthodologie



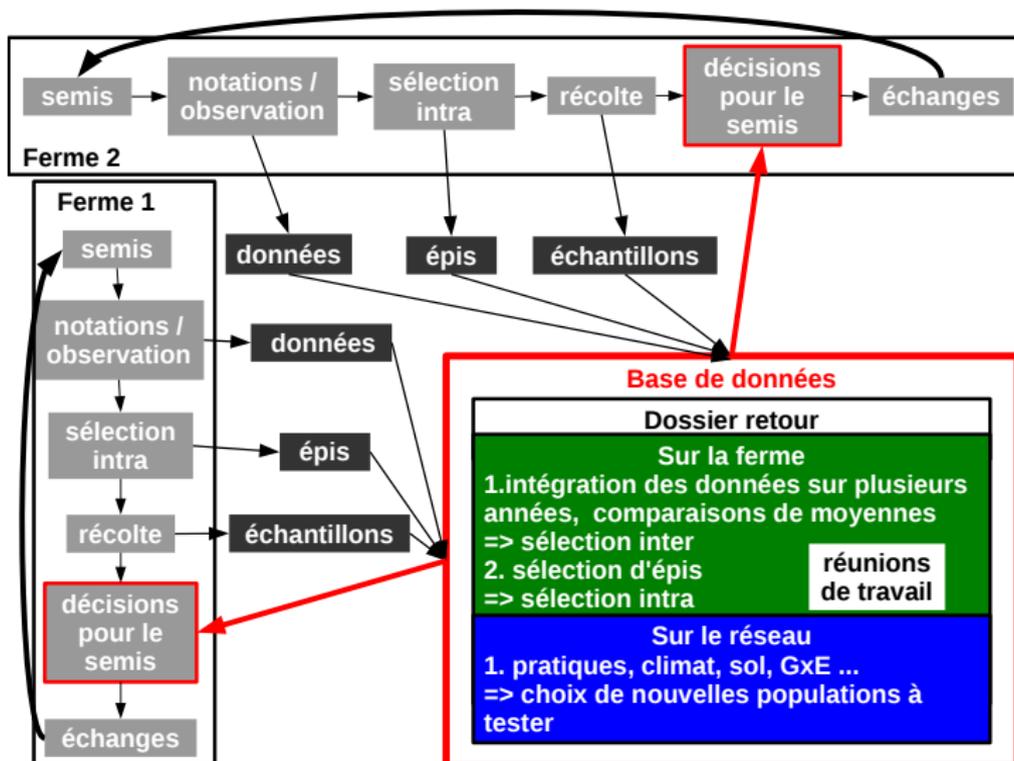
Co-construction de la méthodologie

Co-construction de la méthodologie



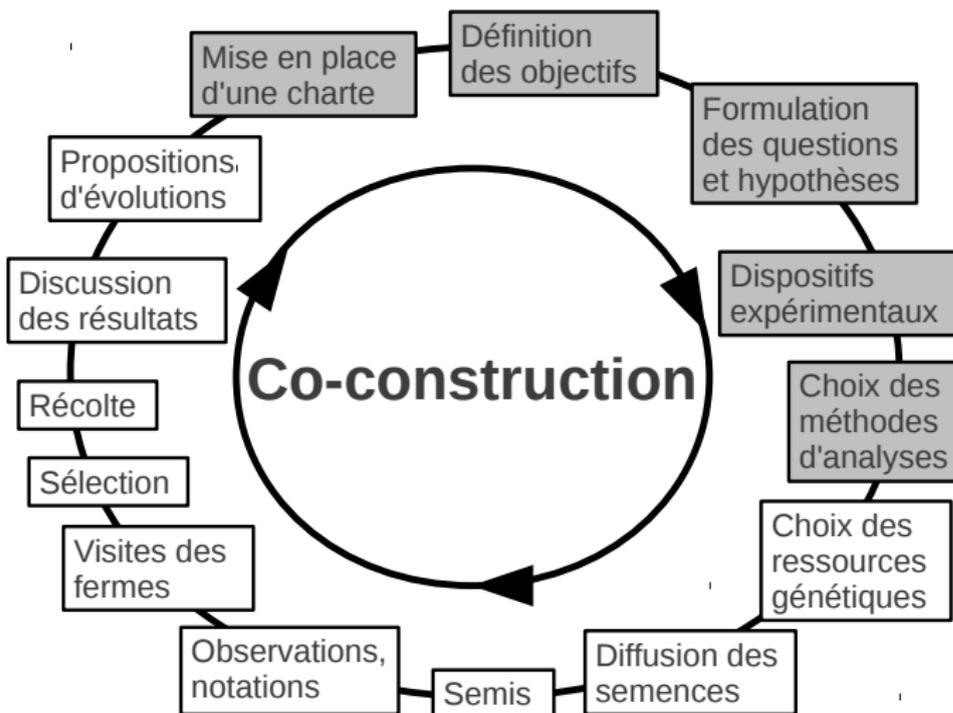
Co-construction de la méthodologie

Co-construction de la méthodologie



Co-construction de la méthodologie

Les étapes de la co-construction



Fond gris : étapes discutées au cours du temps.

Fond blanc : étapes qui suivent le cycle de la plante.

Co-construction de la méthodologie

Un exemple : les dispositifs expérimentaux et les choix des méthodes d'analyses

L'équipe de recherche a besoin de répétitions pour

- donner des résultats fiables aux paysans et
- publiables.

Les paysans ne voient pas l'intérêt des répétitions par

- manque de place et de temps pour gérer les essais complètement répétés,
- envie d'optimiser l'espace disponible pour tester le plus de populations possible,
- besoin de flexibilité : les paysans ne veulent pas rentrer dans un cadre trop strict qui les oblige à semer des populations qui ne les intéressent pas.

Compromis pour répondre aux attentes des acteurs : dispositifs expérimentaux et statistiques bayésiennes.

Co-construction de la méthodologie

Les outils créés

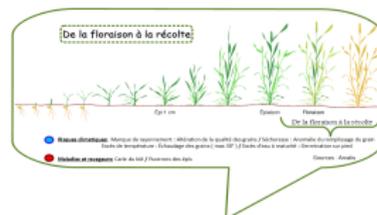
- Les statistiques bayésiennes : valoriser le réseau d'essais pour compenser le déséquilibre des dispositifs expérimentaux.
- Comparaisons de moyennes dans les fermes
- Analyse des interactions $G \times E$ dans le réseau d'essais

Co-construction de la méthodologie

Les outils créés

- Les statistiques bayésiennes : valoriser le réseau d'essais pour compenser le déséquilibre des dispositifs expérimentaux.
- Le suivi des essais : fiches de notations et notices.

Croisement	Date	Globale	Biomasse	Croissance	Croiseur	Intégré	Barbes	Vierge	Hauteur (m)
C2126				pas croisé	blanc		barbes	<input type="checkbox"/>	à glat
				intermédiaire	intermédiaire		intermédiaire	<input type="checkbox"/>	croché
				croisé	croisé		no barbes	<input type="checkbox"/>	intermédiaire
					croisé			<input type="checkbox"/>	croisé/droit
Date de la récolte : Plots de grains récoltés sur la adresse parcelle : Concomitance pour cette pop : Répété Nbre : date : 20/03/2012 globale= 4, repéte= 3, densité= 1, Port au tallage = densité=blanc, Attitude des brins = de face Commentaires ligne : non des plus développés Répété primaire : date : 10/05/2012 globale= 4, tallage= moyen, repéte= 3, Croiseur = vert, Adventives = graine (biomasse) / végéta (en pot), repéte (en pot) Concomitance primaire : j'ai planté ce que je sèchais									



Notice de la fiche

« 46 » 2013

[à retourner à votre animateur](#)

La notice permet de savoir quelle note attribuer à quel caractère. Pour chaque population de votre essai. Les notations faites en hiver et au printemps sont indiquées sur la fiche pour mémoire. Pour chaque population de votre essai, pouvez-vous indiquer les caractères suivants :

- Date de notation :** date à laquelle vous effectuez les mesures
- Globale :** la note globale va de 1 = maigre à 5 = magnifique ; cette note sera difficile à comparer entre les paysans mais donne une indication tout de même sur le comportement global de la variété.
- Biomasse :** la note va de 1 = maigre à 5 = magnifique ; cette note sera difficile à comparer entre les paysans mais donne une indication tout de même sur le comportement global de la variété.
- Croiseur :** indiquer le pourcentage d'épis dans la population qui sont croisés, intermédiaire ou non-croisés. La croise est la courbure de l'épi :

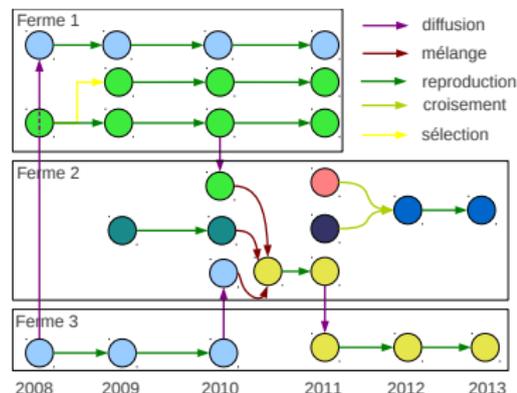


Co-construction de la méthodologie

Les outils créés

- Les statistiques bayésiennes : valoriser le réseau d'essais pour compenser le déséquilibre des dispositifs expérimentaux.
- Le suivi des essais : fiches de notations et notices.
- La Base de données : SHiNeMaS.

SHiNeMaS : Seeds History and Network Management System



Co-construction de la méthodologie

Les outils créés

- Les statistiques bayésiennes : valoriser le réseau d'essais pour compenser le déséquilibre des dispositifs expérimentaux.
- Le suivi des essais : fiches de notations et notices.
- La Base de données : SHiNeMaS.
- Les informations sur le comportement des variétés et sur la sélection : le dossier retour.



Projet de sélection participative entre le Réseau Semences Paysannes et l'INRA du Moulon : création de variétés de blé tendre de qualité adaptées à l'Agriculture Biologique et conservation de la biodiversité cultivée

Livret récapitulatif des résultats sur la ferme
Septembre 2012



INRA du Moulon: UMR de Génétique Végétale, Équipe Diversité Évolution et Adaptation des Populations, Ferme du Moulon, 91190 GIF-sur-Yvette, France.

Site internet : <http://moulon.inra.fr/etk/semences/leas>

contact : semeur@moulon.inra.fr ; labelle.gad@moulon.inra.fr

Réseau Semences Paysannes: 3 avenue de la gare 47130 Aguilon, France.

Site internet : <http://www.semencespaysannes.org>

contact : quercy@semencespaysannes.org

Co-construction de la méthodologie

Les outils créés

- Les statistiques bayésiennes : valoriser le réseau d'essais pour compenser le déséquilibre des dispositifs expérimentaux.
- Le suivi des essais : fiches de notations et notices.
- La Base de données : SHiNeMaS.
- Les informations sur le comportement des variétés et sur la sélection : le dossier retour.
- Les visites des fermes.



Co-construction de la méthodologie

Les outils créés

- Les statistiques bayésiennes : valoriser le réseau d'essais pour compenser le déséquilibre des dispositifs expérimentaux.
- Le suivi des essais : fiches de notations et notices.
- La Base de données : SHiNeMaS.
- Les informations sur le comportement des variétés et sur la sélection : le dossier retour.
- Les visites des fermes.
- Les formations : sélection, croisement.



Co-construction de la méthodologie

Les outils créés

- Les statistiques bayésiennes : valoriser le réseau d'essais pour compenser le déséquilibre des dispositifs expérimentaux.
- Le suivi des essais : fiches de notations et notices.
- La Base de données : SHiNeMaS.
- Les informations sur le comportement des variétés et sur la sélection : le dossier retour.
- Les visites des fermes.
- Les formations : sélection, croisement.
- Le livret technique.



Des blés en (R)Evolution :

SOLIBAM, Projet de sélection participative entre le Réseau Semences Paysannes et l'INRA du Moulon : création de variétés de blé tendre de qualité adaptées à l'Agriculture Biologique et conservation de la biodiversité cultivée



INRA Le Moulon: UMR de Génétique Végétale, Équipe Diversité Évolution et Adaptation des Populations, Ferme du Moulon, 91190 Gif-sur-Yvette, France.

Site internet : <http://moulon.inra.fr/index.php/fr/equipe/accueil>
 contact : pierre.riviere@moulon.inra.fr ; gaëlle.godronier@moulon.inra.fr ; caroline.gallo@moulon.inra.fr ; joanne@moulon.inra.fr

Réseau Semences Paysannes
 3 Avenue de la gare
 47190 Aiguillon
 Tél. 05 53 84 91 94
 Site internet : <http://www.semencespaysannes.org/>
 contact : piericb@semencespaysannes.org

Août 2012

1

Innovations organisationnelles et génétiques

Deux types d'innovations :

- ① **Génétique** : création de nouvelles populations, populations sélectionnées et adoptées par des paysans
- ② **Organisationnelle** : co-construction entre acteurs regroupés en réseau et décentralisation de la sélection
 - co-construction au niveau **collectif** : cadre conceptuel et façon de fonctionner commune : dispositifs expérimentaux, fiches, dossier retour, base de données.
 - flexibilité conservée pour chaque **individu**

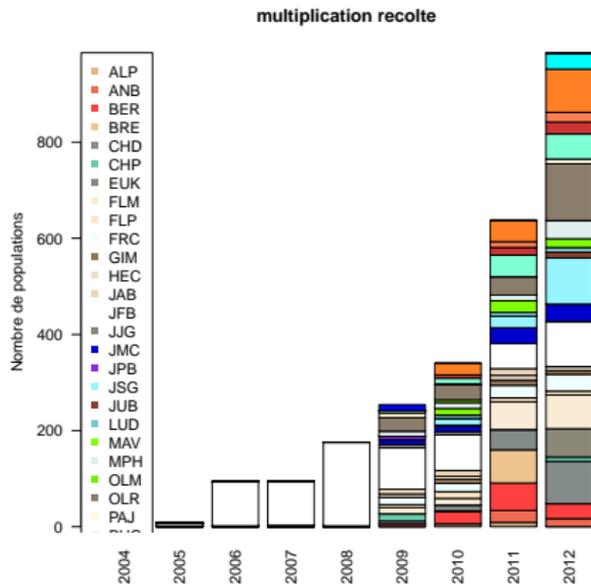
Les innovations génétiques sont la conséquence de l'innovation organisationnelle

Rivière et al. (2013b)

Évolution des pratiques des acteurs

Les paysans

- le nombre de populations évaluées augmente

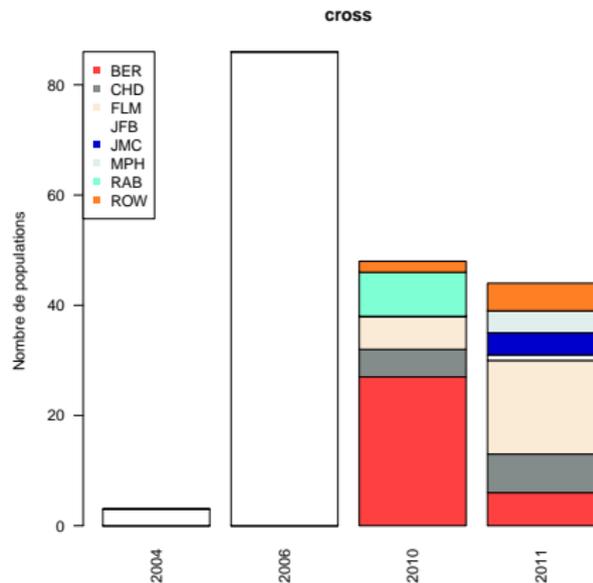


Nombre de populations par ferme

Évolution des pratiques des acteurs

Les paysans

- le nombre de populations évaluées augmente
- le nombre de croisement augmente

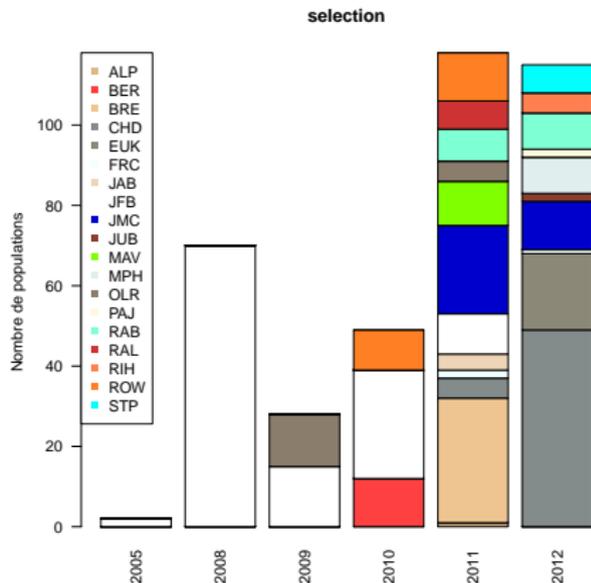


Nombre de croisements réalisés par ferme

Évolution des pratiques des acteurs

Les paysans

- le nombre de populations évaluées augmente
- le nombre de croisement augmente
- le nombre de sélection intra-population augmente

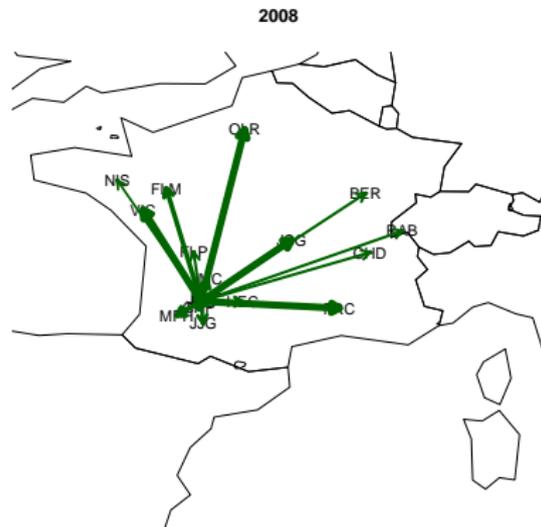


Nombre de sélection intra-population réalisées par ferme

Évolution des pratiques des acteurs

Les paysans

- le nombre de populations évaluées augmente
- le nombre de croisement augmente
- le nombre de sélection intra-population augmente
- la dynamique des échanges évolue

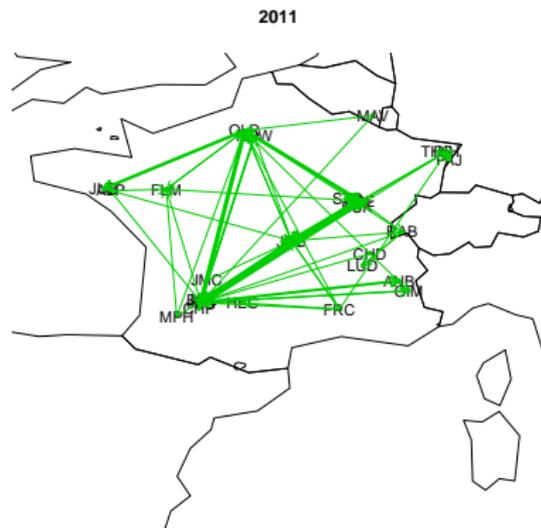


*Echanges de lots de semences entre
paysans en 2008*

Évolution des pratiques des acteurs

Les paysans

- le nombre de populations évaluées augmente
- le nombre de croisement augmente
- le nombre de sélection intra-population augmente
- la dynamique des échanges évolue



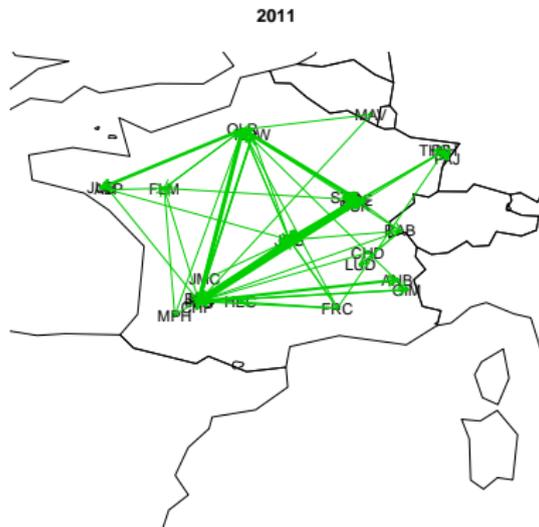
*Echanges de lots de semences entre
paysans en 2011*

Évolution des pratiques des acteurs

Les paysans

- le nombre de populations évaluées augmente
- le nombre de croisement augmente
- le nombre de sélection intra-population augmente
- la dynamique des échanges évolue

appropriation du projet par les acteurs et les territoires



Echanges de lots de semences entre paysans en 2011

Évolution des pratiques des acteurs

L'équipe DEAP

Deux niveaux d'actions :

- **l'action avec les paysans et le groupe blé RSP** en produisant des connaissances utiles pour ces acteurs
- **l'action en dehors de ces organisations sociales**, en produisant des connaissances reconnues par les pairs.

L'équipe de recherche passe du « laboratoire » au « terrain » et interagit avec d'autres disciplines.

3 Analyse phénotypique du programme de sélection participative



Caractériser le comportement des populations dans les fermes

- ➊ **Objectif 1 au niveau intra-ferme** : Différencier les populations évaluées au sein de chaque environnement.
- ➋ **Objectif 2 au niveau du réseau** : Étudier la sensibilité des germplasms à l'interaction dans le réseau, estimer des effets germplasms et des effets environnements.
- ➌ **Étude de la sélection intra-population**

Définitions :

- germplasm = parents, croisements, sélections massales
- environnement = ferme \times année
- population = un germplasm dans un environnement

Dispositifs expérimentaux dans les fermes

Témoins : **Rouge-du-Roc** **C14** **C21** **Renan**

Fermes régionales

Rouge-du-Roc	pop1	pop2	pop3
pop4	pop5	C21	pop6
pop7	C14	pop8	pop9
pop10	pop11	pop12	Renan

pop13	C21	pop14	pop15
Renan	pop16	pop17	pop18
pop19	pop20	pop21	Rouge-du-Roc
pop22	pop23	C14	pop24

4 témoins dans 2 blocs
24 populations non répétées

Fermes satellites

Rouge-du-Roc	pop1
pop2	pop3
pop4	pop5
pop6	pop7
pop8	Rouge-du-Roc

pas de blocs ; un témoin répété deux fois
8 populations non répétées

Manque de répétitions => peu de puissance pour estimer des différences entre populations.

Dispositifs expérimentaux dans les fermes



années	FR	FS
2009-2010	2	18
2010-2011	10	8
2011-2012	9	13
Total	21	39

Un large réseau d'essais.

Fermes participant au programme pour la saison 2011-2012 :

fermes régionales, fermes satellites, associations et INRA Le

Moulon.

Dispositifs expérimentaux dans les fermes

Mesures phénotypiques

Mesures par les paysans : semis, sortie d'hiver, épiaison et maturité.

Mesures par l'équipe de recherche à maturité :

- **plantes individuelles** : hauteur, distance dernière feuille base de l'épi (LLSD).
- **épis individuels** : couleur, barbe, courbe, longueur de l'épi, nb d'épillets, nb d'épillets stériles, poids de l'épi.
- **globales** : protéine, poids de mille grains (pmg).

- ➊ **Objectif 1 au niveau intra-ferme** : Différencier les populations évaluées au sein de chaque environnement.
- ➋ **Objectif 2 au niveau du réseau** : Étudier la sensibilité des germplasms à l'interaction dans le réseau, estimer des effets germplasms et des effets environnements.
- ➌ **Étude de la sélection intra-population**

Modèle bayésien hiérarchique pour répondre à l'objectif 1

Objectif 1 au niveau intra-ferme : Différencier les populations évaluées au sein de chaque environnement.

Le bayésien : $\underbrace{Pr(\theta|y)}_{\text{postérieur}} \propto \underbrace{Pr(y|\theta)}_{\text{vraisemblance}} \underbrace{Pr(\theta)}_{\text{prior}}$.

Le modèle :

$$Y_{ijk} = \mu_{ij} + \beta_{jk} + \varepsilon_{ijk} \quad \varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma_j^2)$$

Y_{ijk} la valeur phénotypique moyenne pour une variable donnée pour la population i , l'environnement j et le bloc k ;

μ_{ij} l'effet de la population i dans l'environnement j ;

β_{jk} l'effet lié au bloc k dans l'environnement j ;

ε_{ijk} la résiduelle dans l'environnement j issue d'une loi normale centrée sur 0 et de variance σ_j^2 , propre à l'environnement j .

Modèle bayésien hiérarchique pour répondre à l'objectif 1

Priors

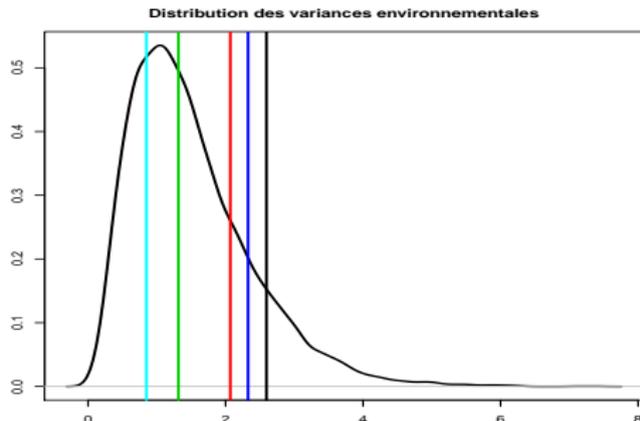
- **variance environnementale :**

$$\sigma_j^2 = \frac{1}{\tau_j} \text{ avec } \tau_j \sim \text{Gamma}(\nu, \rho)$$

modélisation hiérarchique :

$$\nu \sim \text{Uniforme}(2, 10)$$

$$\rho \sim \text{Gamma}(10^{-6}, 10^{-6})$$



- **population et bloc :** priors peu informatifs

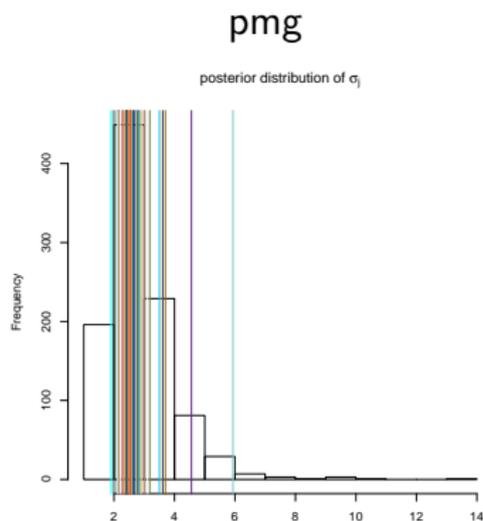
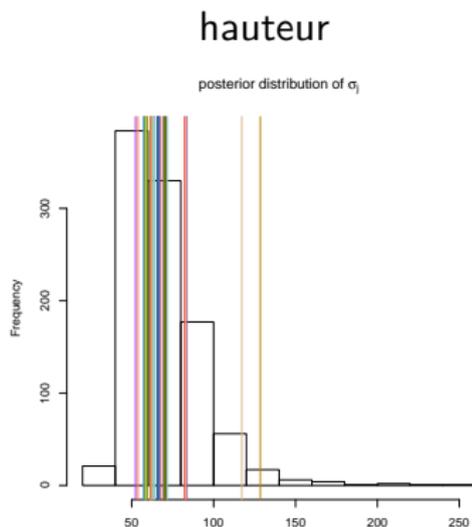
$$\mu_{ij} \sim N(\mu_{.j}, 10^6) \quad \beta_{jk} \sim N(0, 10^6)$$

Postérieurs

- 20000 points par distribution

Résultats qui répondent à l'objectif 1

Sortie du modèle hiérarchique



Histogrammes de la distribution des σ_j basée sur les valeurs de ν et ρ . Les barres verticales sont les valeurs estimées pour chaque environnement j .

Résultats qui répondent à l'objectif 1

Sortie du modèle hiérarchique

Comparaisons des populations entre elles dans un environnement : créer des groupes de populations différentes avec un risque global d'erreur α .

	$\alpha \leq 0.1$	$0.1 < \alpha \leq 0.2$	$0.2 < \alpha \leq 0.3$	$0.3 < \alpha \leq 0.4$	$0.4 < \alpha \leq 0.5$	$0.5 < \alpha$
% d'environnements avec au moins deux groupes détectés toutes variables confondues	63	15	7	3	3	9

Dans 63% des cas, au moins deux groupes sont détectés avec $\alpha=0,1$

Dans 78% des cas, au moins deux groupes sont détectés avec $\alpha=0,2$

Résultats qui répondent à l'objectif 1

Résultats du modèle

- Le modèle hiérarchique permet de réduire les valeurs extrêmes d'estimation des variances environnementales comparé au modèle non-hiérarchique.
- Il est important d'avoir assez d'informations disponibles pour avoir une estimation plus robuste des paramètres.
- La valeur de l'erreur α dépend de l'objectif agronomique. Le seuil peut être ajusté pour avoir au moins deux groupes plutôt que les paysans choisissent au hasard les populations.

Résultats : la sélection inter-population

Indicateur de sélection négative entre populations

	moyenne	écart type
hauteur	0.83	0.22
LLSD	0.54	0.24
longueur de l'épi	0.56	0.22
couleur	0.45	0.30
barbes	0.34	0.35
courbes	0.46	0.20
nb d'épillets stérile	0.43	0.33
nb d'épillets	0.44	0.28
poids de l'épi	0.38	0.30
pmg	0.33	0.32
protéine	0.37	0.19

en vert $> 0,5$, en rouge $< 0,5$

0 : le lot de semences appartient au groupe de significativité avec la moyenne la plus petite.

1 : le lot de semences appartient au groupe de significativité avec la moyenne la plus grande.

Les paysans se séparent en moyenne des populations les plus hautes et avec des valeurs faibles pour le pmg, le taux de protéine, le poids d'épi et le nombre d'épillets.

⇒ Les groupes sont cohérents avec les choix des paysans

- ① **Objectif 1 au niveau intra-ferme** : Différencier les populations évaluées au sein de chaque environnement.
- ② **Objectif 2 au niveau du réseau** : Étudier la sensibilité des germplasms à l'interaction dans le réseau, estimer des effets germplasms et des effets environnements.
- ③ **Étude de la sélection intra-population**

L'objectif 2 : Réseau d'évaluation pour l'inscription au catalogue

10 germplasms

10 environnements

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

L'objectif 2 : Réseau d'essais dans notre cas : 95% de données manquantes

75 environnements

117 germplasm

1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
...
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	...	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0

Modélisation avec un modèle bayésien hiérarchique

Résultats qui répondent à l'objectif 2

- Le modèle hiérarchique avec l'interaction apporte plus d'information pour 9 variables sur 11 que le modèle additif.
- Le modèle hiérarchique permet de réduire les valeurs extrêmes d'estimation des paramètres comparé au modèle non-hiérarchique.
- Avec le modèle hiérarchique, un jeu de données grand et déséquilibré est plus précis qu'un jeu de données petit et plus équilibré dans l'estimation des paramètres.
- Avec le modèle hiérarchique : r^2 (valeurs prédites / valeurs réelles) : compris entre 42 et 86% selon les variables (validation croisée).

- 1 **Objectif 1 au niveau intra-ferme** : Différencier les populations évaluées au sein de chaque environnement.
- 2 **Objectif 2 au niveau du réseau** : Étudier la sensibilité des germplasms à l'interaction dans le réseau, estimer des effets germplasms et des effets environnements.
- 3 **Étude de la sélection intra-population**

La sélection intra-population

Étude de la réponse à la sélection en génération précoce d'un paysan

2008 : sélection par *JFB* dans des populations en *F2*.

2009-2010 : évaluation au Moulon, en trois répétitions, de 38 populations *F3* issues de *F2* sélectionnées et non-sélectionnées côte à côte.

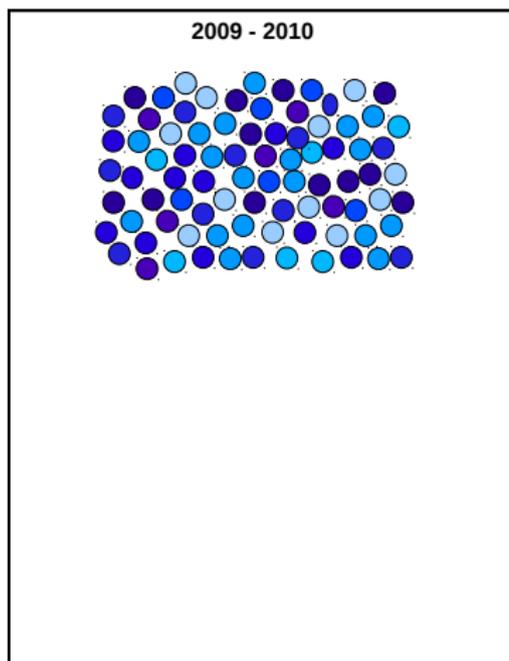
- 24/38 populations répondent sur au moins un caractère
- quatre populations répondent sur cinq caractères ou plus
- poids de mille grains et poids de l'épi : quand la réponse est significative, elle est positive
- la variance génétique entre les populations augmente après sélection

Résultats encourageants sur la sélection par un paysan dans sa ferme en génération précoce

Rivière et al. (2013a)

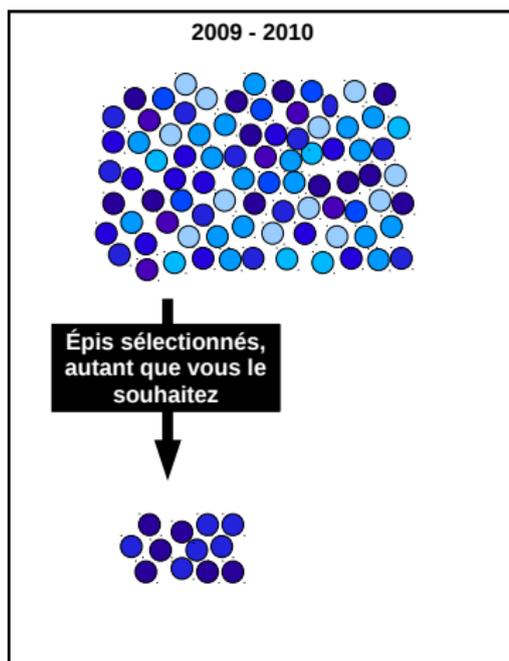
La sélection intra-population

Étude de la réponse à la sélection par différents paysans dans leurs fermes



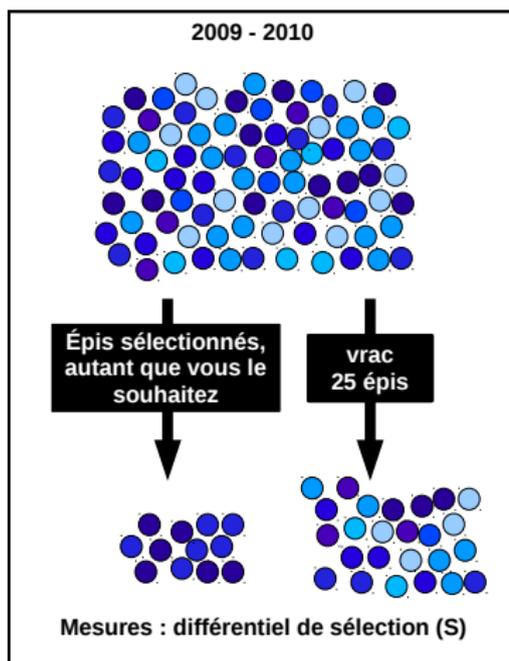
La sélection intra-population

Étude de la réponse à la sélection par différents paysans dans leurs fermes



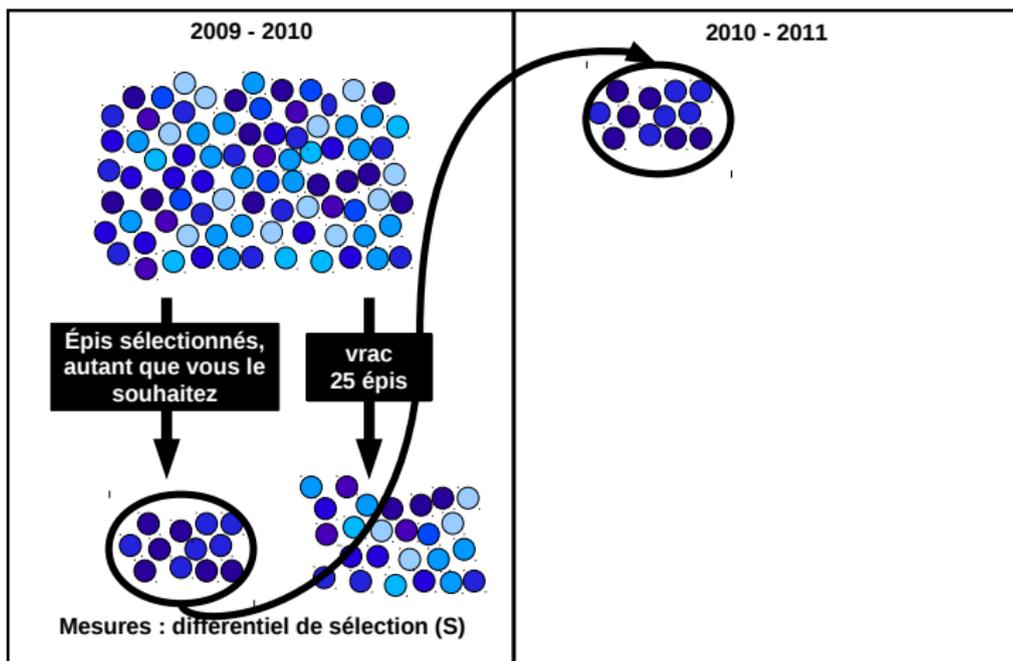
La sélection intra-population

Étude de la réponse à la sélection par différents paysans dans leurs fermes



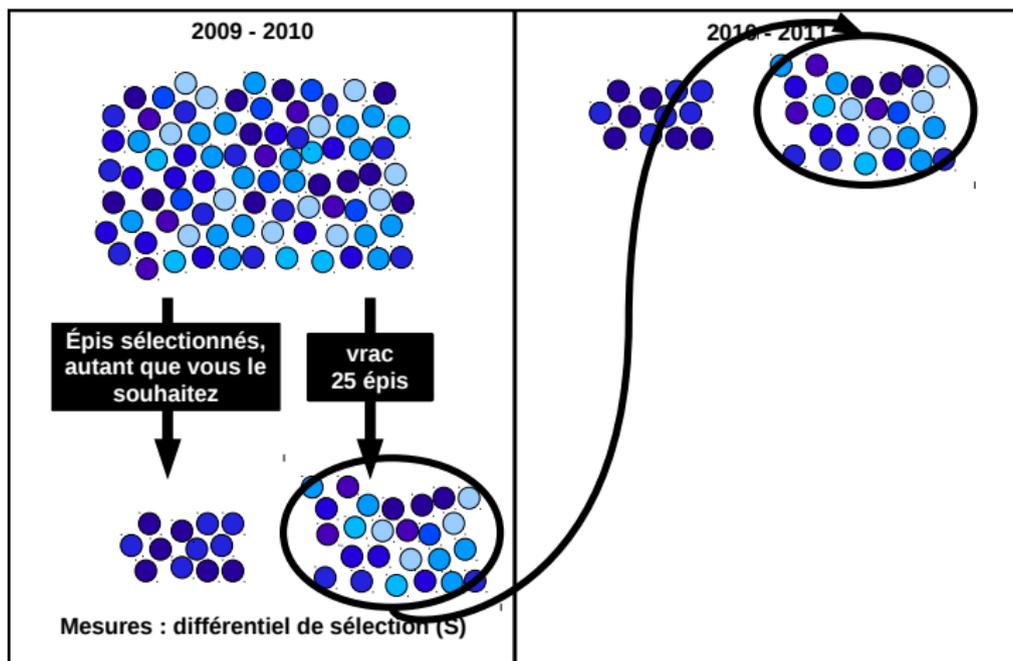
La sélection intra-population

Étude de la réponse à la sélection par différents paysans dans leurs fermes



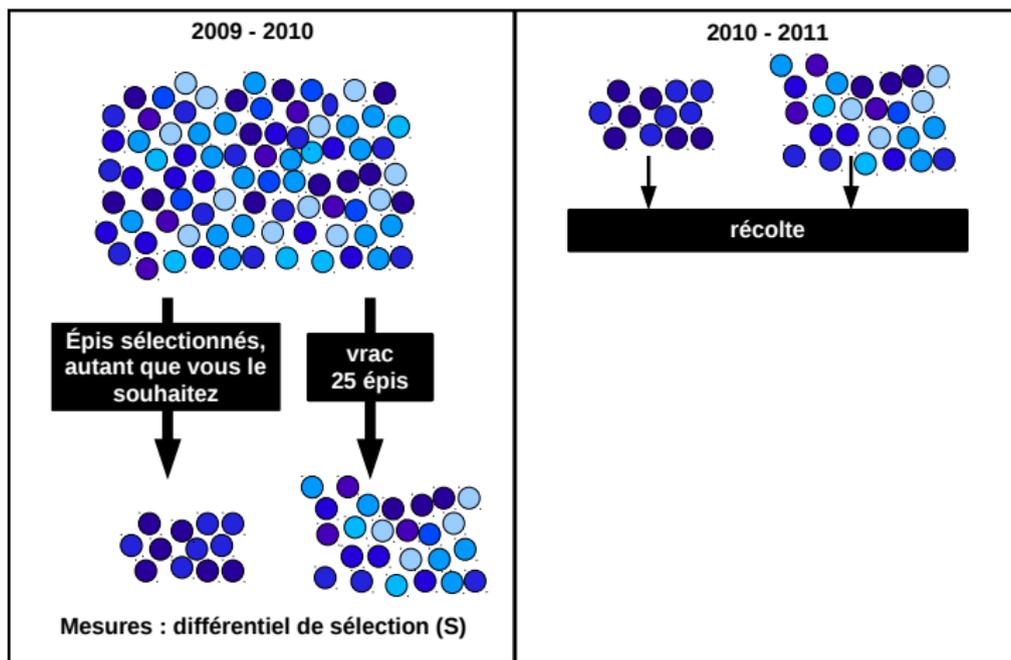
La sélection intra-population

Étude de la réponse à la sélection par différents paysans dans leurs fermes



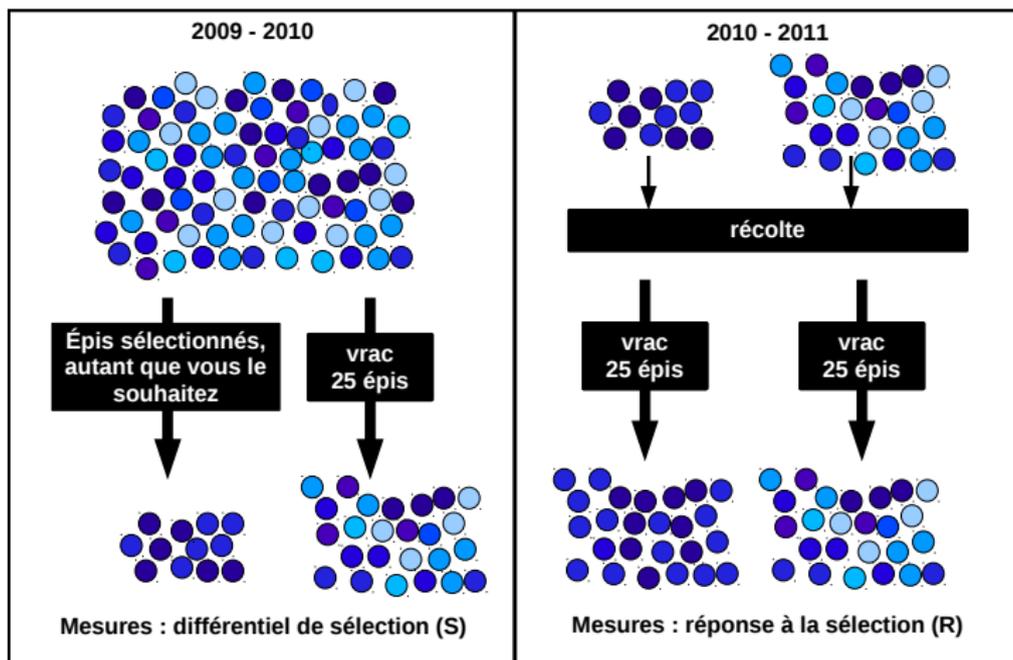
La sélection intra-population

Étude de la réponse à la sélection par différents paysans dans leurs fermes



La sélection intra-population

Étude de la réponse à la sélection par différents paysans dans leurs fermes



La sélection intra-population

Étude de la réponse à la sélection par différents paysans dans leurs fermes

183 différentiels de sélection S ; 37 réponses à la sélection R :
en vert : positif, **en noir : nul**, **en rouge : négatif**.

	pourcentage	analyse
$[S < 0 \text{ et } R < 0]$ ou $[S > 0 \text{ et } R > 0]$	33,5	cohérent
$[S = 0]$ et $[R = 0]$	6,5	
$[S < 0 \text{ ou } S > 0]$ et $[R = 0]$	11,3	héritabilité ~ 0
$[S > 0 \text{ et } R < 0]$ ou $[S < 0 \text{ et } R > 0]$	36,1	mauvaises estimations, corrélation entre caractères,
$[S = 0]$ et $[R < 0 \text{ ou } R > 0]$	12,6	interactions génotype \times année

La sélection intra-population

Étude de la réponse à la sélection par différents paysans dans leurs fermes

183 analyses du différentiel de sélection S :

- Les paysans choisissent les épis les plus gros, les plus longs, les plus courbés, avec beaucoup d'épillets fertiles.
- Différentiel plutôt positif pour le pmg et le taux de protéine.
- La variance reste importante dans les bouquets.

37 analyses de réponse à la sélection R :

- La réponse est positive significativement pour le nombre d'épillets et la courbure.
- Les plantes issues de la sélection ont tendance à être plus courte, une teneur en protéine plus faible, des épis plus longs et plus lourds.

- La mise en place de l'expérimentation est à améliorer
- Résultats différents par rapport aux premiers résultats de *JFB*

4 Évaluation phénotypique et moléculaire du programme



Objectif

Objectif : caractériser l'effet de différents facteurs sur la réponse des populations et le maintien de la diversité dans le cadre du programme de sélection décentralisée et participative.

Pour répondre à cet objectif, on réalise une étude phénotypique et une étude moléculaire.

Matériels et méthodes : lots de semences étudiés

- Dans les croisements : tester trois facteurs :

Histoire du germplasm C21 ($VM \times VP$)

- *type de germplasm*

- parents :

- VP : Variétés de Pays
- VA : Variétés Anciennes
- VM : Variétés Modernes

- croisements : $VA \times VP$,
 $VP \times VP$, $VM \times VM$,
 $VP \times VP$.



Matériels et méthodes : lots de semences étudiés

- **Dans les croisements : tester trois facteurs :**

- ***type de germplasm***

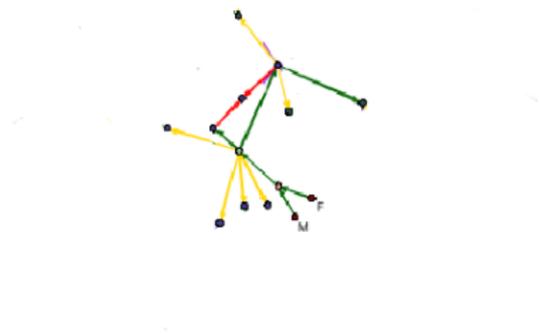
- parents :

- *VP* : Variétés de Pays
- *VA* : Variétés Anciennes
- *VM* : Variétés Modernes

- croisements : *VA* × *VP*,
VP × *VP*, *VM* × *VM*,
VP × *VP*.

- ***sélection massale intra-population***

Histoire du germplasm *C21* (*VM* × *VP*)



Matériels et méthodes : lots de semences étudiés

- **Dans les croisements : tester trois facteurs :**

- ***type de germplasm***

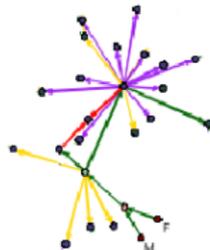
- parents :

- *VP* : Variétés de Pays
- *VA* : Variétés Anciennes
- *VM* : Variétés Modernes

- croisements : *VA* × *VP*,
VP × *VP*, *VM* × *VM*,
VP × *VP*.

- ***sélection massale intra-population***

Histoire du germplasm C21 (*VM* × *VP*)



Matériels et méthodes : lots de semences étudiés

- **Dans les croisements : tester trois facteurs :**

- ***type de germplasm***

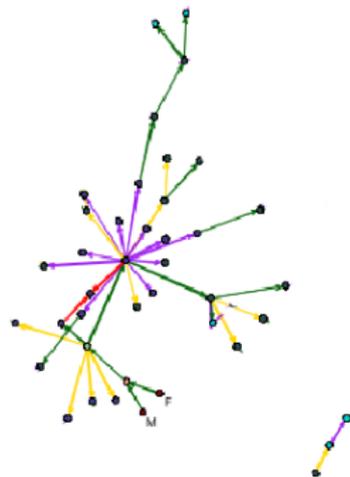
- parents :

- *VP* : Variétés de Pays
- *VA* : Variétés Anciennes
- *VM* : Variétés Modernes

- croisements : *VA* × *VP*,
VP × *VP*, *VM* × *VM*,
VP × *VP*.

- ***sélection massale intra-population***

Histoire du germplasm *C21* (*VM* × *VP*)



Matériels et méthodes : lots de semences étudiés

- **Dans les croisements : tester trois facteurs :**

- ***type de germplasm***

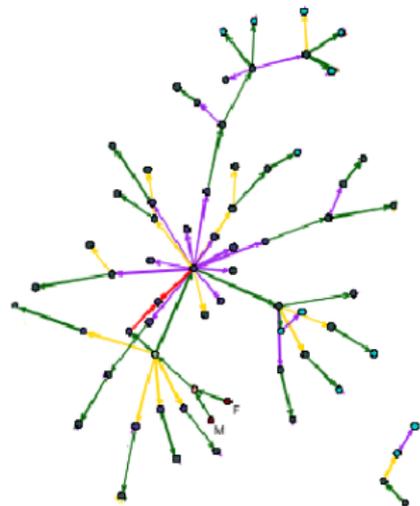
- parents :

- *VP* : Variétés de Pays
- *VA* : Variétés Anciennes
- *VM* : Variétés Modernes

- croisements : *VA* × *VP*,
VP × *VP*, *VM* × *VM*,
VP × *VP*.

- ***sélection massale intra-population***

Histoire du germplasm *C21* (*VM* × *VP*)



Matériels et méthodes : lots de semences étudiés

- **Dans les croisements : tester trois facteurs :**

- ***type de germplasm***

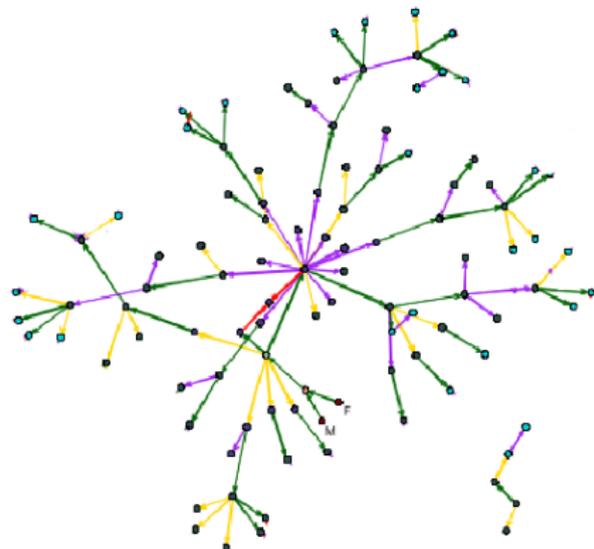
- parents :

- *VP* : Variétés de Pays
- *VA* : Variétés Anciennes
- *VM* : Variétés Modernes

- croisements : *VA* × *VP*,
VP × *VP*, *VM* × *VM*,
VP × *VP*.

- ***sélection massale intra-population***

Histoire du germplasm *C21* (*VM* × *VP*)



Matériels et méthodes : lots de semences étudiés

- **Dans les croisements : tester trois facteurs :**

- ***type de germplasm***

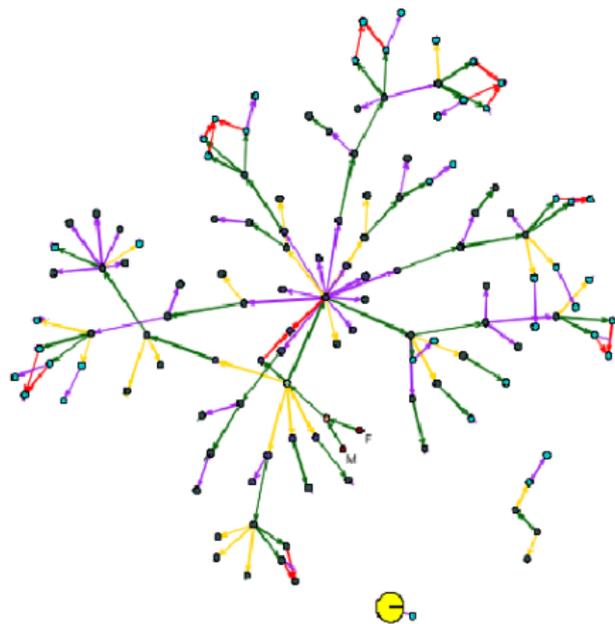
- parents :

- VP : Variétés de Pays
- VA : Variétés Anciennes
- VM : Variétés Modernes

- croisements : VA \times VP,
VP \times VP, VM \times VM,
VP \times VP.

- ***sélection massale intra-population***

Histoire du germplasm C21 (VM \times VP)



Matériels et méthodes : lots de semences étudiés

- **Dans les croisements : tester trois facteurs :**

- ***type de germplasm***

- parents :

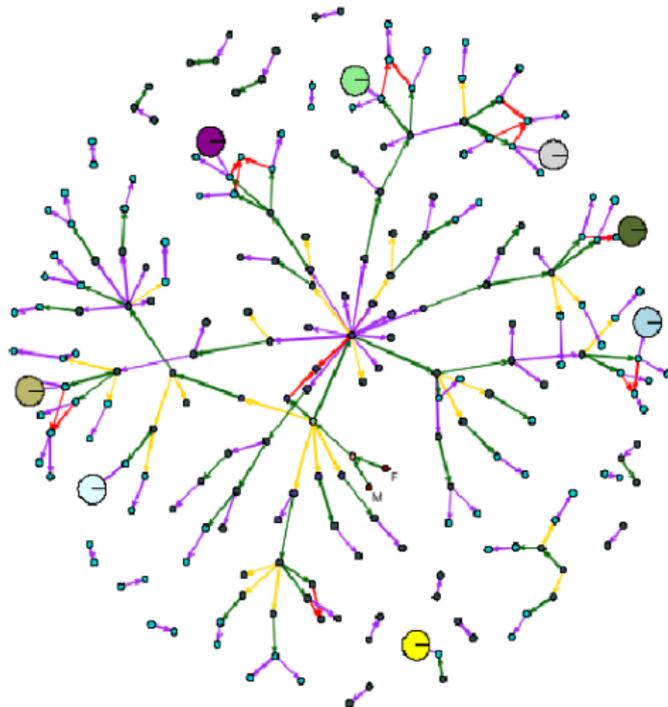
- *VP* : Variétés de Pays
- *VA* : Variétés Anciennes
- *VM* : Variétés Modernes

- croisements : *VA* × *VP*,
VP × *VP*, *VM* × *VM*,
VP × *VP*.

- ***sélection massale intra-population***

- ***fermes*** (pratiques + environnement) où les germplasm ont été cultivés

Histoire du germplasm C21 (*VM* × *VP*)



Matériels et méthodes : lots de semences étudiés

- **Dans les croisements : tester trois facteurs :**

- ***type de germplasm***

- parents :

- VP : Variétés de Pays
- VA : Variétés Anciennes
- VM : Variétés Modernes

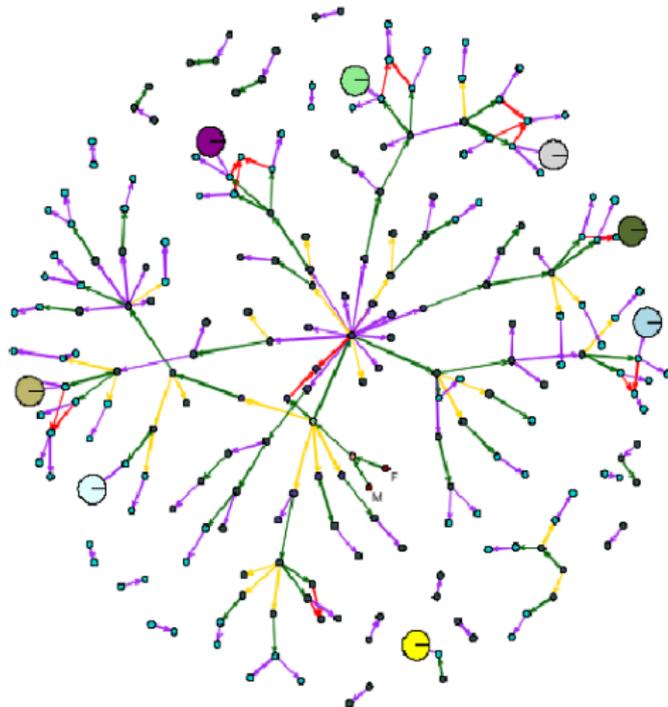
- croisements : VA × VP,
VP × VP, VM × VM,
VP × VP.

- ***sélection massale intra-population***

- ***fermes*** (pratiques + environnement) où les germplasms ont été cultivés

- **Les parents utilisés dans les croisements**

Histoire du germplasm C21 (VM × VP)



Matériels et méthodes : protocoles

Évaluation phénotypique :

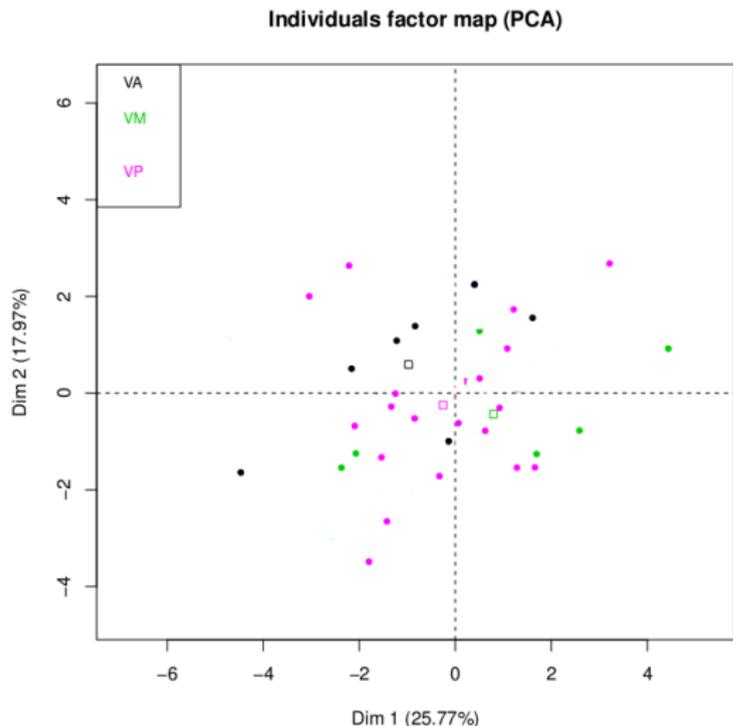
- 104 pops issues de 25 germplasms + parents
- semis dans trois fermes : *JSG*, *OLR* et *JFB* avec un dispositif type ferme régionale + tout au Moulon en deux répétitions
- Mêmes mesures que pour le projet de sélection participative + épiaisons au Moulon

Évaluation moléculaire :

- 49 pops issues de 12 germplasms + parents
- entre 15 et 25 individus génotypés par populations
- 48 marqueurs SNP dans des zones non codantes et réparties sur le génome

Résultats sur les parents

ACP sur les données phénotypiques sur les parents



- **Analyse phénotypique**
 - pas de regroupement selon le type.
 - plus de diversité dans *VP*
- **Analyse moléculaire :**
 - Pas de regroupement selon le type.

Résultats sur les descendants : analyse moléculaire

- AMOVA sur les marqueurs neutres

	type	germplasm	population	résiduelle
% de variation	12%	27%***	13%***	48%

- Pas d'effet **type de germplasm**
- Effet fort du **germplam**
- Effet **population** => forte différenciation intra-germplasm = divergence
- Forte diversité dans les descendants (*He*).
- La sélection massale n'a pas tendance à diminuer la diversité génétique intra-population.

Résultats sur les descendants : analyse phénotypique (ANOVA et ACP)

● Effet type :

- Pas effet type sauf pour poids épis et courbure
- Les croisements avec un ou deux *VM* présentent un potentiel plus important d'amélioration de la production en grains par épi + un croisement $VA \times VP$.
- Les germplasms de type $VM \times VP$ sont les plus diversifiés.

● Effet germplasm :

- Effet germplasm pour la majorité des caractères mesurés => les populations sont diversifiées et constituent une base de sélection pour les paysans.

● Effet sélection massale

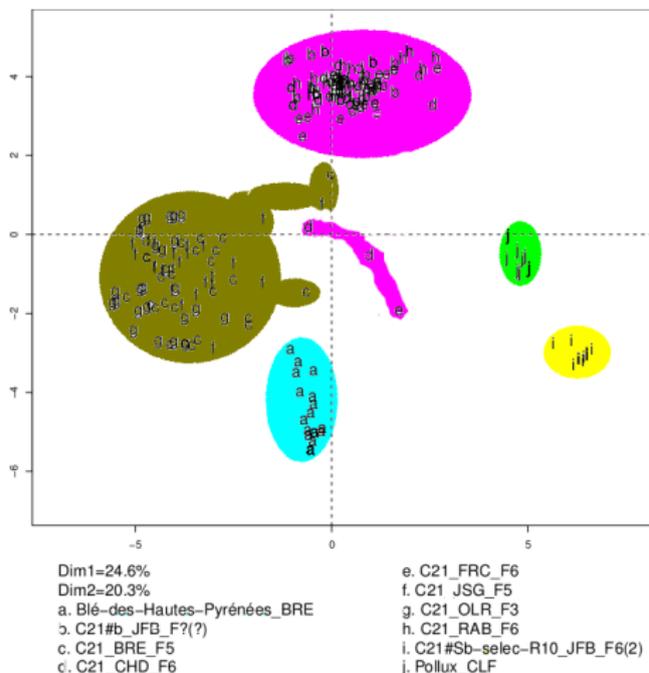
- Pas d'effet unidirectionnel de la sélection sauf pour les barbes (perspective : tester sélection \times type de germplasm).

● Effet ferme (pratiques + environnement)

- Tous germplasms confondus, pas d'effet ferme.

Résultats sur les descendants : Exemple du C21

ACP sur les 48 marqueurs neutres



- les **parents séparés**,
- **un groupe** avec une sélection : **#Sb-select-R10_JFB** proche de Pollux : sélection diversifiante,
- **un groupe** avec les populations issues de chez **CHD, FRC, RAB** et **#b_JFB**.
- **un groupe** avec les populations issues de chez **BRE, JSG, OLR**.
- La diversité H_e variait entre 0,17 et 0,27 avec une valeur de 0 pour **#Sb-select-R10_JFB**.

Le programme dans la gestion des ressources génétiques

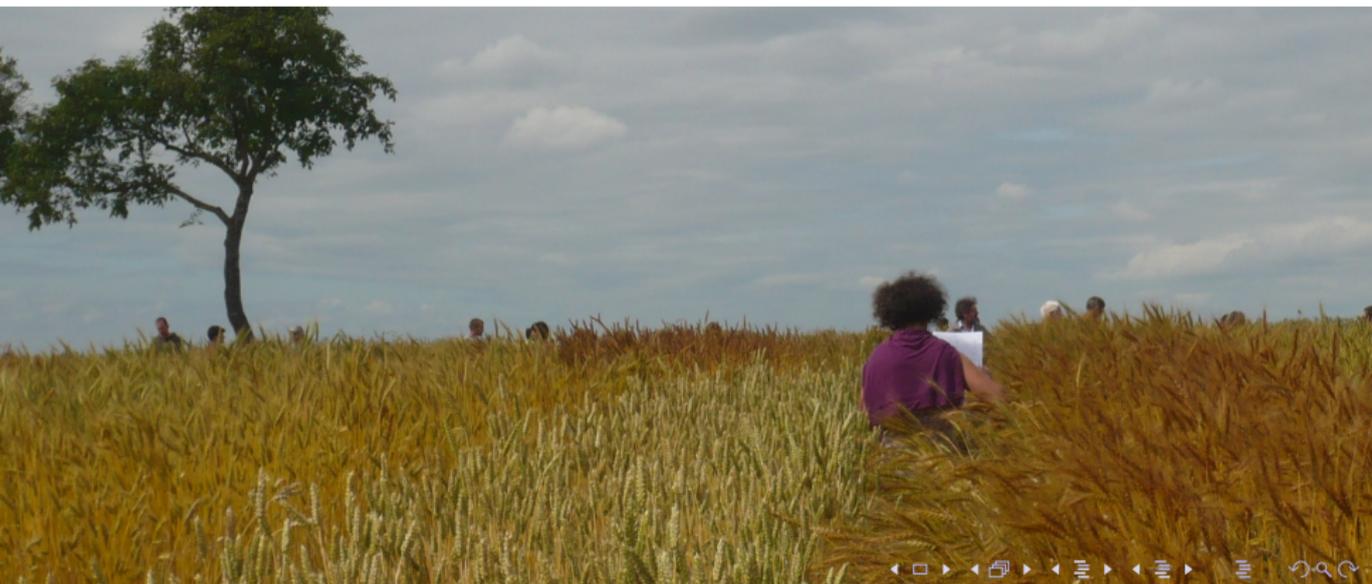
Un germplasm = une métapopulation

Chaque population est soumise aux forces évolutives :

- migrations (pollens, grains, échanges),
- dérive (taille des micro-parcelles),
- sélection (environnement, pratique, homme),
- mutation.

La sélection participative, en favorisant l'utilisation de variétés hétérogènes dans des environnements très contrastés et dans un réseau d'acteurs connectés participe à la gestion des ressources génétiques.

5 Transition vers un système semencier adapté à l'agroécologie



Résultats principaux de la thèse

- Notre projet a mis en place une méthodologie innovante de sélection variétale et de gestion de ressources génétiques pour l'agroécologie basée sur la décentralisation et la co-construction entre acteurs.
- L'innovation organisationnelle est à l'origine des innovations génétiques.
- Des outils pour mettre en oeuvre ces méthodes ont été développés : dispositifs expérimentaux, statistiques, base de données, fiches, dossier retour.
- Le programme de sélection participative contribue à la création et au maintien de diversité génétique.
- Les pratiques des paysans ont évoluées : sélections, croisements, populations évaluées, échanges.
- Les pratiques des chercheurs ont évolué vers plus d'interdisciplinarité.

Propositions pour une transition au niveau local et régional

Enjeux : **pérenniser** la démarche et la **diffuser**, pour cela, je propose de :

Propositions pour une transition au niveau local et régional

Enjeux : **pérenniser** la démarche et la **diffuser**, pour cela, je propose de :

- **prendre le temps de la co-construction** entre les acteurs afin de
 - mettre en place une charte pour le groupe de travail ;
 - fixer les objectifs, les critères d'observation ...

Propositions pour une transition au niveau local et régional

Enjeux : **pérenniser** la démarche et la **diffuser**, pour cela, je propose de :

- **prendre le temps de la co-construction** entre les acteurs afin de
 - mettre en place une charte pour le groupe de travail ;
 - fixer les objectifs, les critères d'observation ...
- **adapter les outils** pour répondre aux objectifs des acteurs
 - dispositifs expérimentaux et statistiques
 - base de données
 - fiches, dossier retour, ...

Propositions pour une transition au niveau local et régional

Enjeux : **pérenniser** la démarche et la **diffuser**, pour cela, je propose de :

- **prendre le temps de la co-construction** entre les acteurs afin de
 - mettre en place une charte pour le groupe de travail ;
 - fixer les objectifs, les critères d'observation ...
- **adapter les outils** pour répondre aux objectifs des acteurs
 - dispositifs expérimentaux et statistiques
 - base de données
 - fiches, dossier retour, ...
- **maintenir un réseau** de maisons des semences paysannes
 - permet de valoriser une diversité d'environnements et d'organisations sociales : stabilité et résilience face aux stress environnementaux et socio-économiques ;
 - encourage et favorise les échanges d'informations, d'outils, de résultats, de savoirs, de savoir-faire et de semences.

Propositions au niveau national pour accompagner la transition

- **Former les animateurs**, qui ont un rôle clé dans la réussite de la sélection participative,
 - sur les principes de la sélection participative
 - à partir des échanges d'expériences des autres groupes

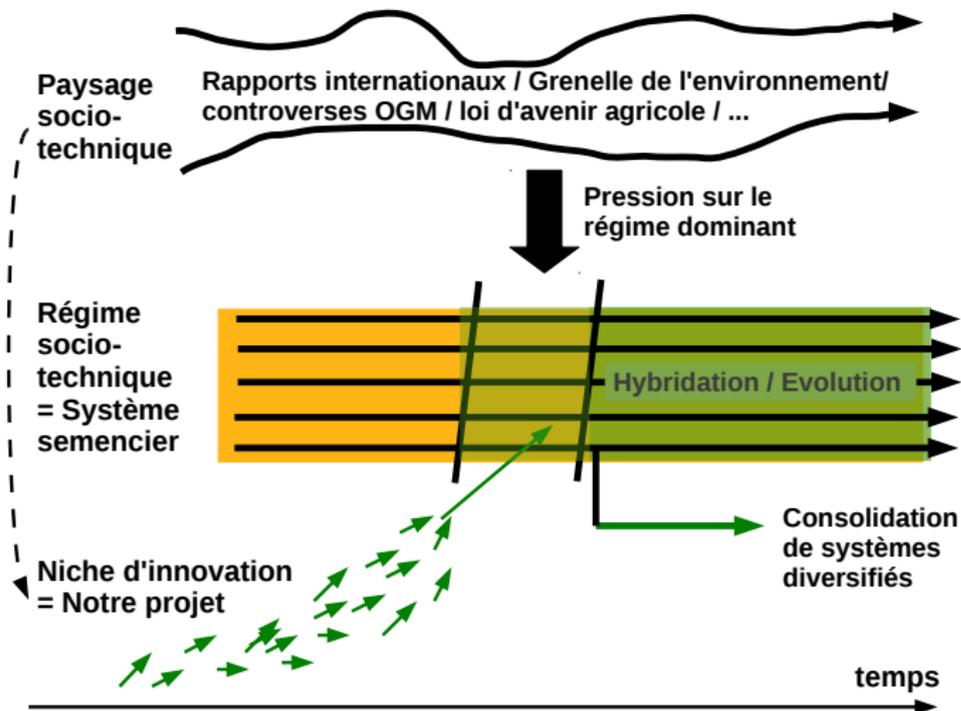
Propositions au niveau national pour accompagner la transition

- **Former les animateurs**, qui ont un rôle clé dans la réussite de la sélection participative,
 - sur les principes de la sélection participative
 - à partir des échanges d'expériences des autres groupes
- **Créer un espace juridique** pour les variétés issues du programme de sélection participative
 - protection contre la bio-piraterie
 - accès aux ressources (retranscrire les articles du TIRPAA dans le droit français)
 - commercialisation (créer un espace pour diffuser et échanger les semences à petite échelle)

Propositions au niveau national pour accompagner la transition

- **Former les animateurs**, qui ont un rôle clé dans la réussite de la sélection participative,
 - sur les principes de la sélection participative
 - à partir des échanges d'expériences des autres groupes
- **Créer un espace juridique** pour les variétés issues du programme de sélection participative
 - protection contre la bio-piraterie
 - accès aux ressources (retranscrire les articles du TIRPAA dans le droit français)
 - commercialisation (créer un espace pour diffuser et échanger les semences à petite échelle)
- **Identifier des sources de financements** pour les maisons des semences paysannes

Vers une transition ?



Inspiré de Geels (2011) et Meynard et al. (2013).

UN GRAND MERCI ...

- à la région IdF, à SOLIBAM, au Moulon



- au jury ;
- à mon comité de thèse et aux chercheurs avec qui j'ai eu la chance de travailler : J. Dawson, O. David, Y. deOliveira, E. Demeulenaere, L. Hazard, P. deKochko, S. Ceccarelli, F. Papy ;
- à mes profs de français particuliers : C. et J. Carpentier ;

UN GRAND MERCI ...

- à l'équipe DEAP : I. Goldringer, J. Enjalbert, S. Thépot, S. Pin, N. Galic, M. Thomas, A. Khan, C. Remoué, C. Lecarpentier, G. Fruchaud, D. Madi, C. Bouffartigue, F. Gery ;



UN GRAND MERCI ...



UN GRAND MERCI ...

- aux paysannes, aux paysans, au RSP, aux animatrices et aux animateurs, avec qui j'ai eu la chance de co-construire ;



- à toutes les personnes avec qui j'ai discuté et échangé sur mon sujet de thèse : elles ont été nombreuses !

Merci de votre attention !
Et bonne année à tous !!! 😊

Bibliographie I

- Ceccarelli S., Grando S., 2007. Decentralized-participatory plant breeding : an example of demand driven research. *Euphytica* 155(3), 349–360.
- Demeulenaere E., 2009. Agriculteurs et chercheurs dans la gestion à la ferme des ressources génétiques : dynamiques d'apprentissage autour de la biodiversité .
- Demeulenaere E., Bonneuil C., 2010. Cultiver la biodiversité. semences et identité paysanne. *Les mondes agricoles en politique. De la fin des paysans au retour de la question agricole* , 73–92.
- Desclaux D., Nolot J.M., Chiffolleau Y., Leclerc C., Gozé E., 2008. Changes in the concept of genotype x environment interactions to fit agriculture diversification and decentralized participatory plant breeding : pluridisciplinary point of view. *Euphytica* 163, 533–546.

Bibliographie II

- Döring T.F., Knapp S., Kovacs G., Murphy K., Wolfe M.S., 2011. Evolutionary plant breeding in Cereals—Into a new era. *Sustainability* 3(12), 1944–1971.
- FAO, 1996. The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture.
- FAO, 2010. Biodiversity for food and agriculture contributing to food security and sustainability in a changing world.
- FAO, 2013. Statistical Yearbook 2013. FAO, Rome, Italy, FAO edn.
- Geels F.W., 2011. The multi-level perspective on sustainability transitions : Responses to seven criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 1(1), 24–40.
- Goffaux R., Goldringer I., Bonneuil C., Montalent P., Bonnin I., 2011. Quels indicateurs pour suivre la diversité génétique des plantes cultivées ? le cas du blé tendre en France depuis un siècle. Tech. rep., Rapport FRB.

Bibliographie III

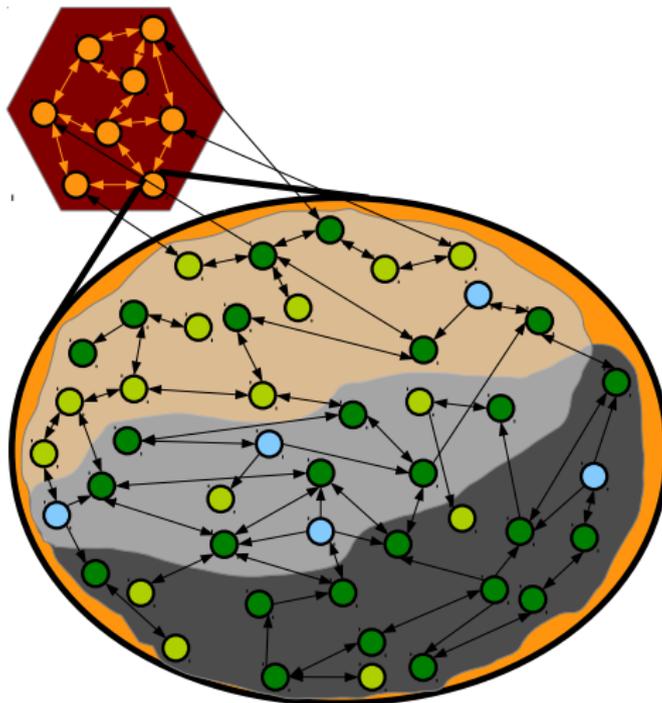
- Hajjar R., Jarvis D.I., Gemmill-Herren B., 2008. The utility of crop genetic diversity in maintaining ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 123, 261–270.
- IAASTD, 2008. *Agriculture at a crossroads. Évaluation internationale des connaissances, des sciences et des technologies agricoles pour le développement. résumé analytique du rapport de synthèse.*
- MEA, 2005. *Ecosystems and Human Well-being : General Synthesis. Millennium Ecosystem Assessment, Washington DC, USA, island press edn.*
- Meynard J.M., Messéan A., Charlier A., Charrier F., Fares M., Le Bail M., Magrini M., Savini I., 2013. *Freins et leviers à la diversification des cultures. étude au niveau des exploitations agricoles et des filières. Synthèse du rapport d'étude, INRA.*

Bibliographie IV

- Murphy K., Campbell K., Lyon S., Jones S., 2007. Evidence of varietal adaptation to organic farming systems. *Field Crops Research* 102(3), 172–177.
- Newton A., Akar T., Baresel J., Bebeli P., Bettencourt E., Bladenopoulos K., Czembor J., Fasoula D., Katsiotis A., Koutis K., Koutsika-Sotiriou M., Kovacs G., Larsson H., Carvalho M.P.d., Rubiales D., Russell J., Santos T.D., Patto M.V., 2010. Cereal landraces for sustainable agriculture. a review. *Agronomy for Sustainable Development* 30(2), 237–269.
- Pimentel D., Hepperly P., Hanson J., Douds D., Seidel R., 2005. Environmental, energetic and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *BioScience* 55(7), 573–582.

Bibliographie V

- Rivière P., Goldringer I., Berthelot J.F., Galic N., Pin S., De Kochko P., Dawson J.C., 2013a. Response to farmer mass selection in early generation progeny of bread wheat landrace crosses. *Renewable Agriculture and Food Systems FirstView*, 1–12.
- Rivière P., Pin S., Galic N., de Oliveira Y., David O., Dawson J., Wanner A., Heckmann R., Obbellianne S., Ronot B., Parizot S., Hyacinthe A., Dalmaso C., Baltassat R., Bochède A., Mailhe G., Cazeirgue F., Gascuel J.S., Gasnier R., Berthelot J.F., Baboulène J., Poilly C., Lavoyer R., Hernandez M.P., Coulbeaut J.M., Peloux F., Mouton A., Mercier F., Ranke O., Wittrish R., de Kochko P., I. G., 2013b. Mise en place d'une méthodologie de sélection participative sur le blé tendre en france. *Innovations Agronomiques* 32, 61–74.
- Thomas M., 2011. Gestion dynamique à la ferme de l'agrobiodiversité : relation entre la structure des populations de blé tendre et les pratiques humaines. Ph.D. thesis, Paris Diderot, Paris.



Légende

-  Réseau Semences Paysannes
-  Maison des semences paysannes
-  Artisans semenciers
-  Paysans
-  Jardiniers

