

Journée technique

Culture et sélection de variétés paysannes de céréales



Avec le soutien de :



**eau
seine
NORMANDIE**



agrof^{île}
sois vivants et agroforesterie en île-de-france

**VAL de
MARNE**
Le département

30 mai 2018
à la Maison du Parc des Lilas



Gestion dynamique à la ferme de la biodiversité cultivée et sélection participative



I. Goldringer - isabelle.goldringer@inra.fr
UMR Génétique Quantitative et Evolution
- Le Moulon

L'auteur du présent document vous autorise à le partager, reproduire, distribuer et communiquer selon les conditions suivantes :



- Vous devez le citer en l'attribuant de la manière indiquée par l'auteur (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'il approuve votre utilisation de l'œuvre).
- Vous n'avez pas le droit d'utiliser ce document à des fins commerciales.
- Vous n'avez pas le droit de le modifier, de le transformer ou de l'adapter.



Consulter la licence creative commons complète en français :
<http://creativecommons.org/licences/by-nc-nd/2.0/fr/>



Sélection participative: Exemple du projet Blé

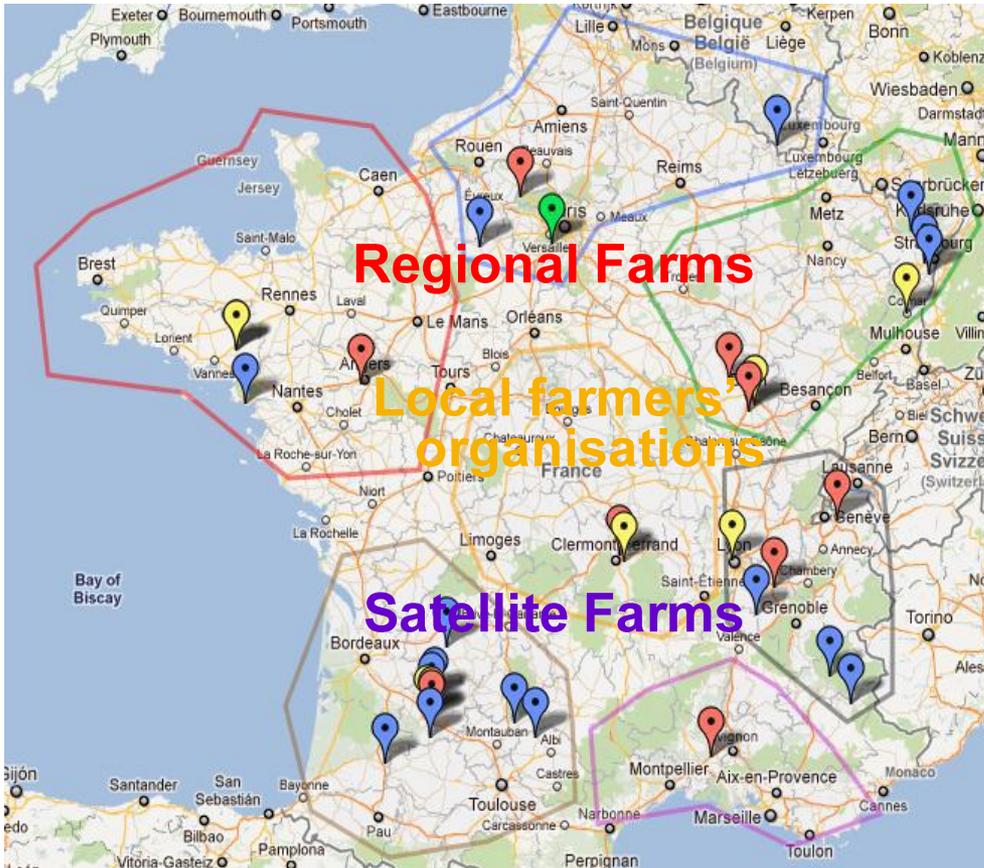


Objectifs:

- Créer des variétés-population adaptées à des systèmes agricoles écologiques / AB, locaux, pour des produits de qualité
- Développer des stratégies pour préserver la diversité génétique cultivée via la gestion dynamique à la ferme et la sélection paysanne.
- Pour les paysans: (ré)apprendre et améliorer les techniques de gestion/sélection de la diversité à la ferme
- => **Recherche participative** associant les *producteurs, consommateurs, transformateurs* et *équipes de recherche institutionnelles* pour une innovation collective
- *Soutien financier Région IdF (PICRI, DIM Astrea), Région Centre (SPEAL), Projet européen FP7 (SOLIBAM), Projet européen CORE Organic II (COBRA), Fondation de France (EcoAgri), INRA (AgriBio4)*

Principes

Sélection décentralisée



Evaluation à la ferme dans les conditions habituelles

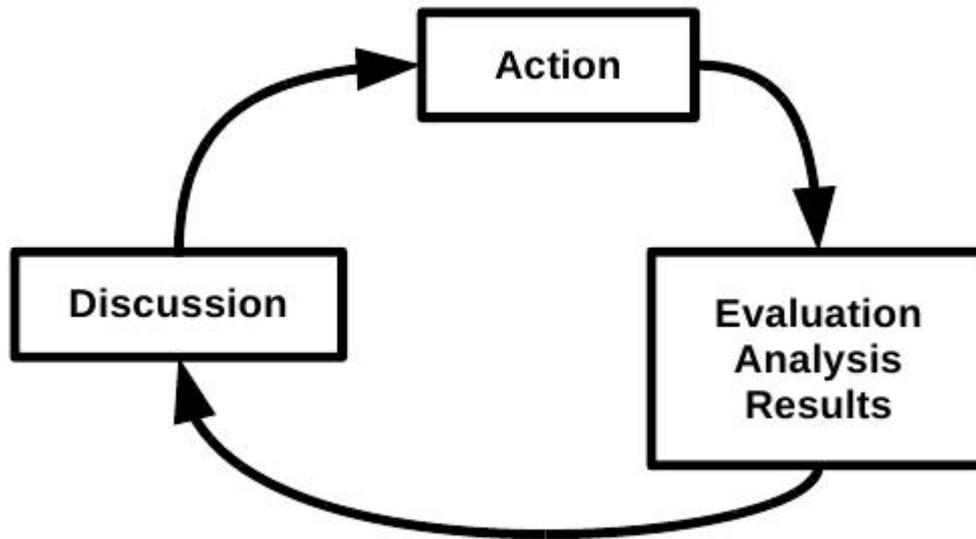


JF Berthelot (Port Ste Marie)

Mobiliser et créer de la diversité

Croisements & ressources existantes: variétés de pays, variétés anciennes, mélanges paysans, populations complexes issues de programmes de recherche.

Le programme de SP est co-construit par les paysans, les animateurs des associations paysannes et les chercheurs



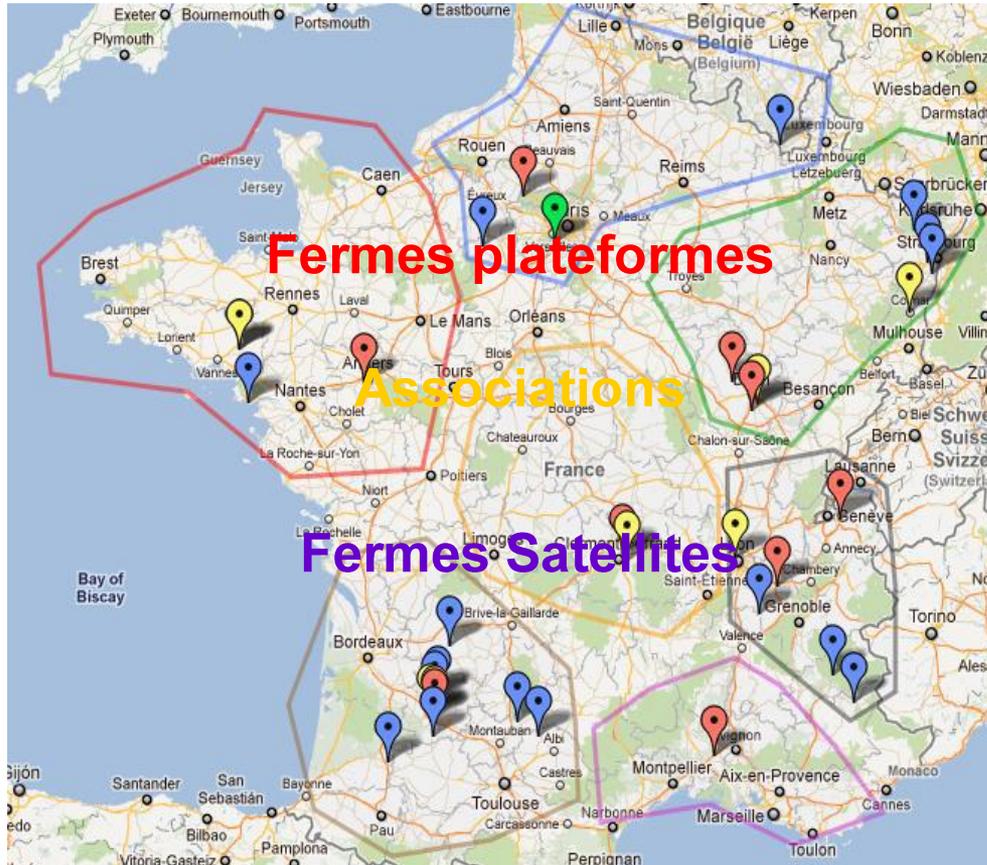
Recherche-action: en même temps que la recherche est conduite pour répondre aux questions initiales, la sélection, la méthodologie et l'organisation peuvent être modifiées à chaque étape en fonction de décisions collectives

Evaluation / expérimentation des populations au cours de la sélection

- Evaluation par une mise en culture sur les fermes selon des critères élaborés collectivement par / avec les paysans:
 - Critères agronomiques, phénotypiques observables aux champs
 - Réponse en panification
 - Qualité nutritionnelle et gustative



2 types de dispositifs expérimentaux



- Les **Fermes plateformes** :
 - accueillent 20-50 populations
 - sont un lieu de rencontre entre les paysans, les chercheurs et les associations régionales.
- Les **Fermes Satellites** choisissent et évaluent les populations qui les intéressent.
- **Associations** contribuent à l'animation et renforcent les interaction paysans - chercheurs

=> Dispositif expérimental à la ferme: en 2017 ~ 80 agriculteurs impliqués

2 types de dispositifs expérimentaux

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



Dispositif expérimental décentralisé et statistiques Bayésiennes *(Rivière et al. 2015)*

- 2 problèmes:
 - Sur chaque ferme: peu de populations et très peu de répétitions
 - => Estimations standard de variance résiduelle et comparaison de populations instables
 - Sur l'ensemble du réseau: peu de populations communes entre fermes (et toujours peu de répétition intra-ferme)
 - ⇒ Estimation des effets population, environnement et interaction instables

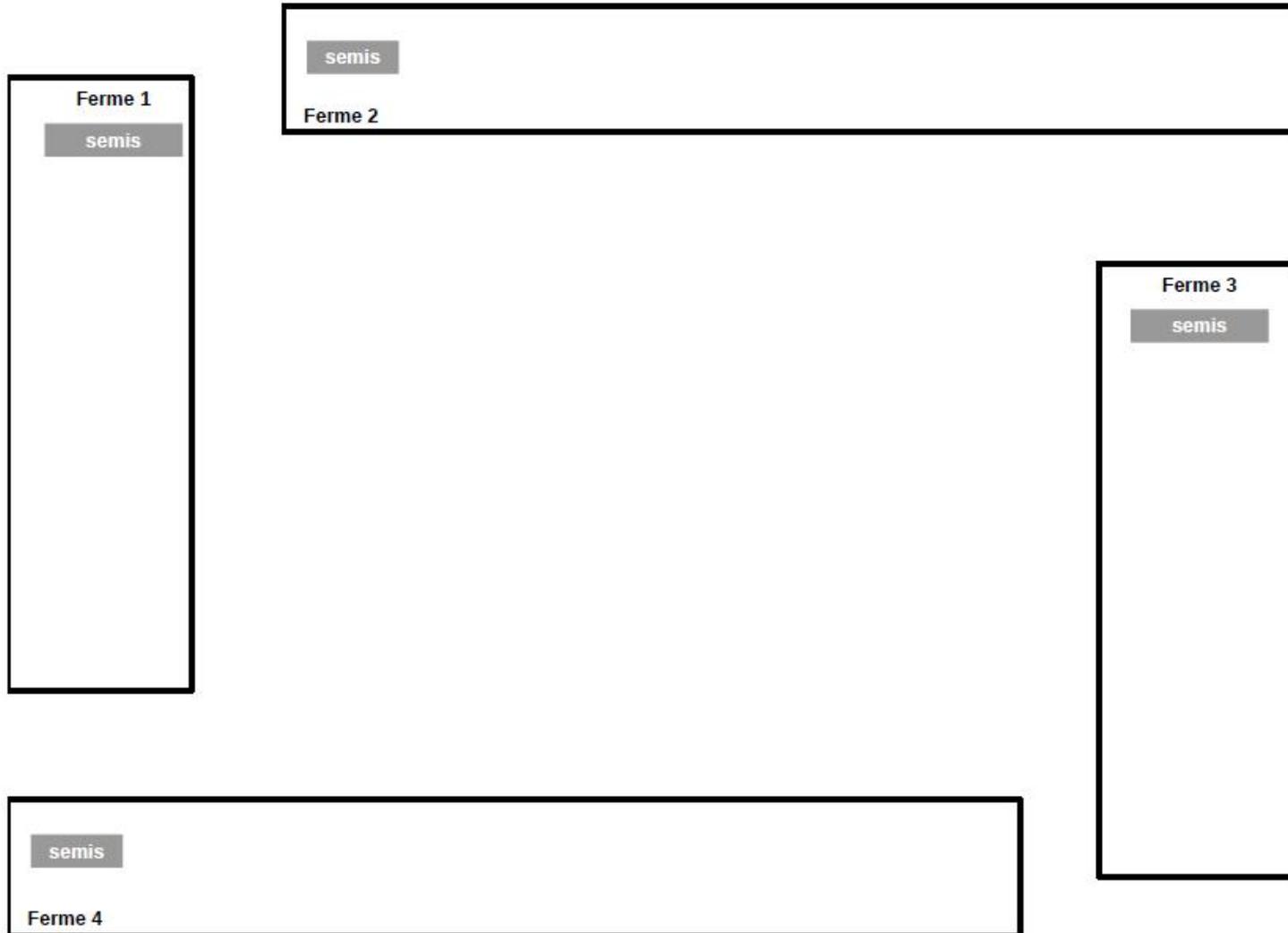
Dispositif expérimental décentralisé et statistiques Bayésiennes *(Rivière et al. 2015)*

- Approche Bayésienne:
 - Sur une ferme, modélisation de la valeur de la pop i , dans la parcelle k sur la ferme j :

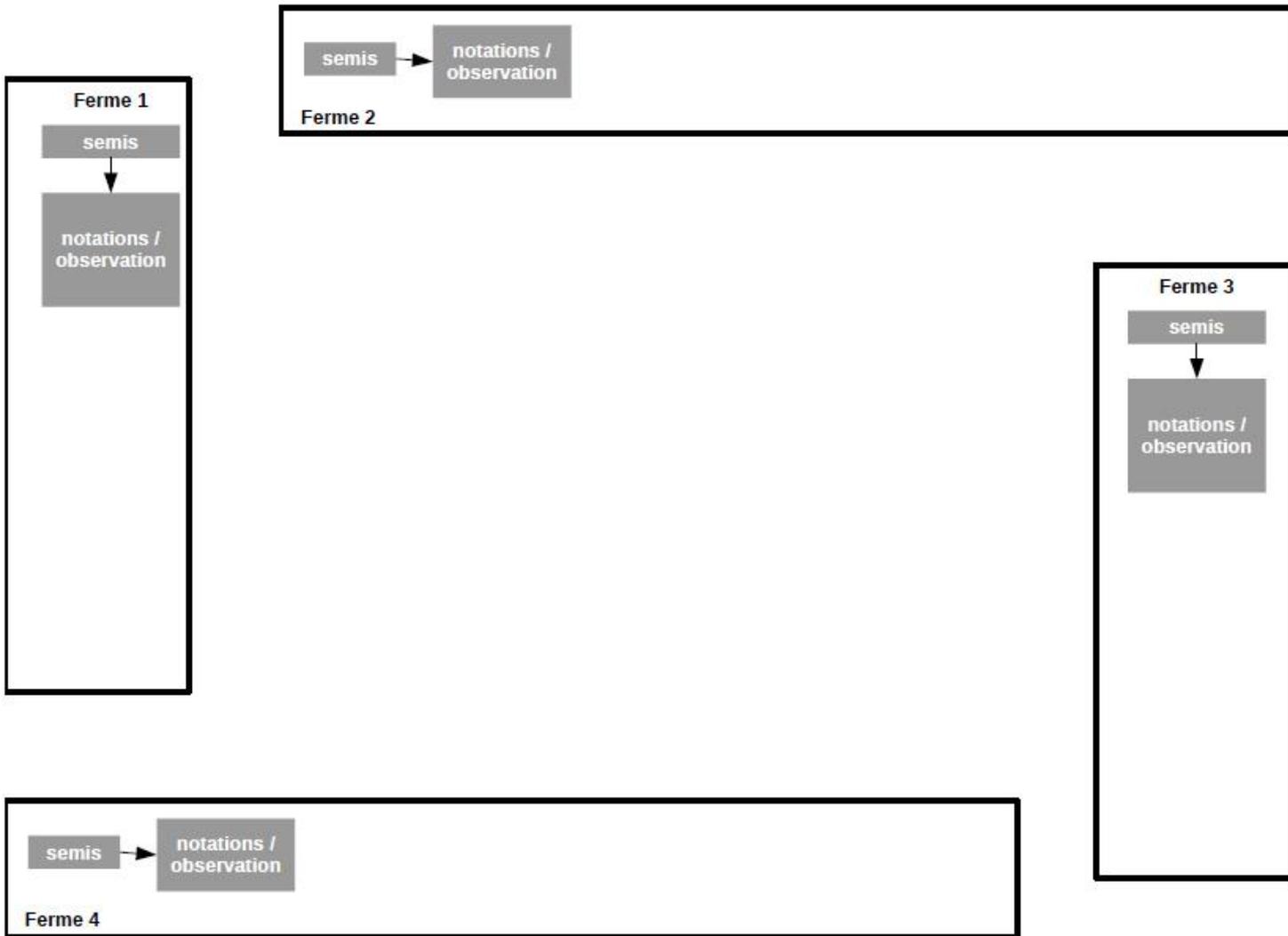
$$Y_{ijk} = \mu_{ij} + \beta_{jk} + \varepsilon_{ijk}; \varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2 j)$$

- Avec modélisation hiérarchique de la variance résiduelle intra-ferme: $\sigma^2 j \sim \frac{1}{\text{Gamma}(\nu, \rho)}$
- L'information obtenue sur l'ensemble du réseau est prise en compte dans l'estimation de la variance résiduelle de chaque ferme.

Organisation au cours des saisons



Organisation au cours des saisons



Quelles observations au champ ?

Elaboration des fiches de notations

- Compromis entre (a) une description précise (« scientifique ») des variétés et (b) une description qui rende compte de la manière dont les paysans appréhendent les plantes dans leurs champs et (c) raisonnable à mettre en œuvre



- Exemple de fiche de notation « Eté »:

Croisement	Date	Globale	Biomasse	Crosses		Couleur		hétéro	Barbes		Verse	Commentaires	
Exemple	25 05 11	5	5	pas crossé	50	blanc	50	5	barbus	50	50	blablabla	
				intermediaire	15	intermediaire	20		intermediaire	5			<input type="checkbox"/> piétin
				crossé	35	rouge	30		nonbarbus	45			verse

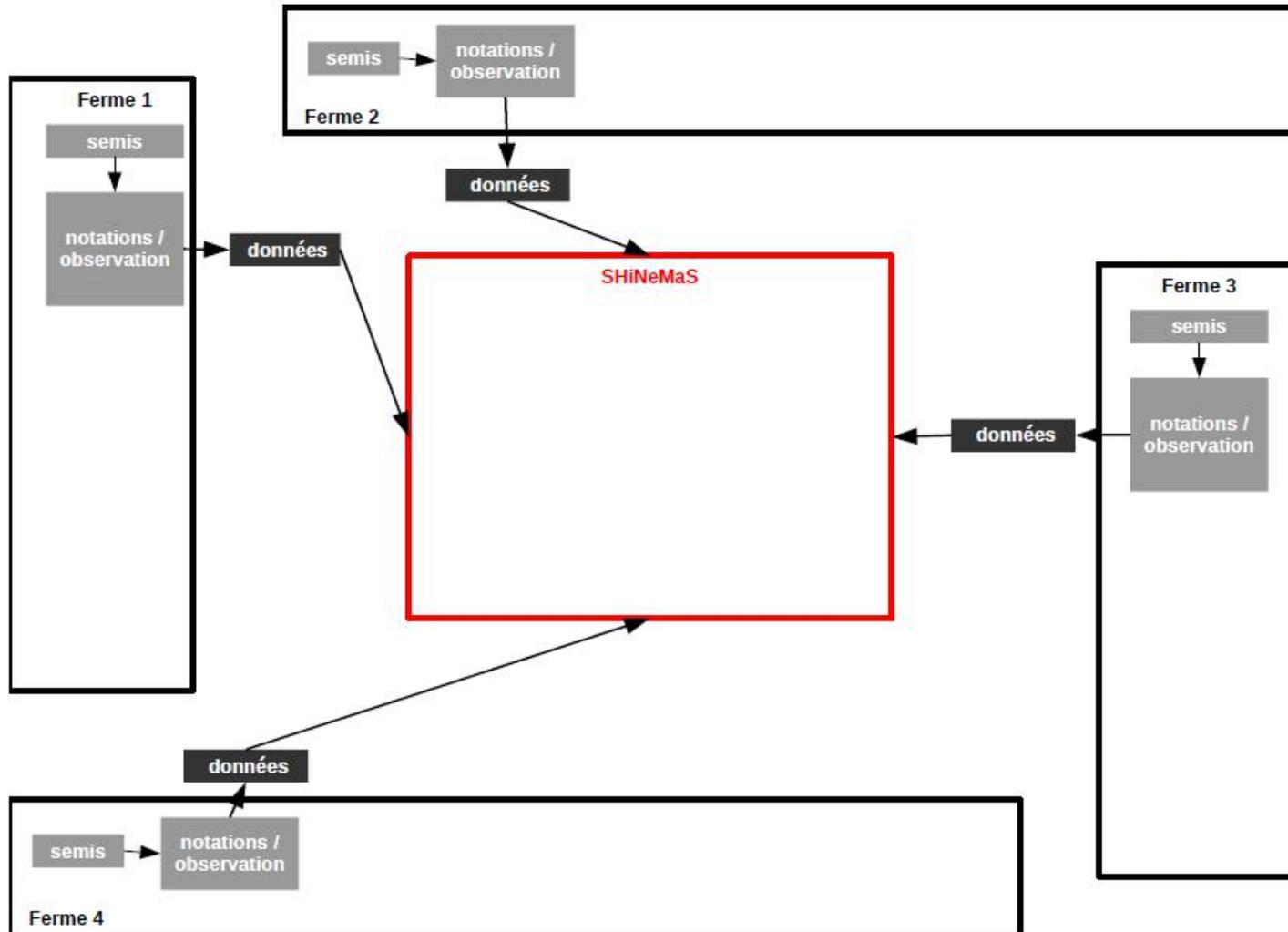
Rappel hiver : date : 10/04/11, globale= 2, reprise=3, densité= 300 à 400, Port au tallage : intermédiaire, Attitude des feuilles : horizontale

Commentaires hiver : belle population mais levée hétérogène

Rappel printemps : date : 10/04/11, globale= 2, reprise=3, densité= 300 à 400, Port au tallage : intermédiaire, Attitude des feuilles : horizontale

Commentaires printemps : belle population mais levée hétérogène

Organisation au cours des saisons

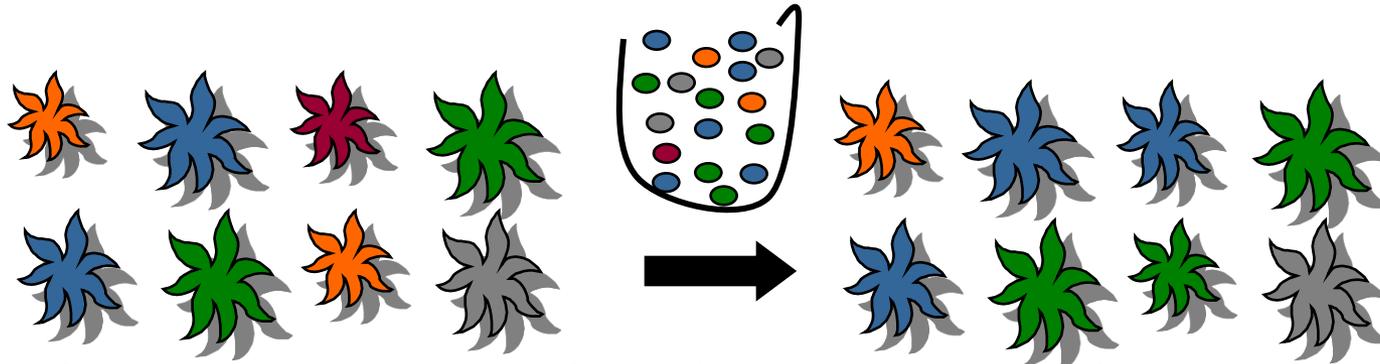


Sélection au sein des populations

- Choix de l'environnement et des pratiques de culture = orientation forte pour la sélection naturelle.
- Au sein de chaque population:
 - Sélection massale positive (choix de plantes ou d'épis) ou sélection négative pour accentuer la pression de sélection naturelle.
 - Sans sélection humaine, avec récolte et semis du mélange génération après génération.

Sélection naturelle

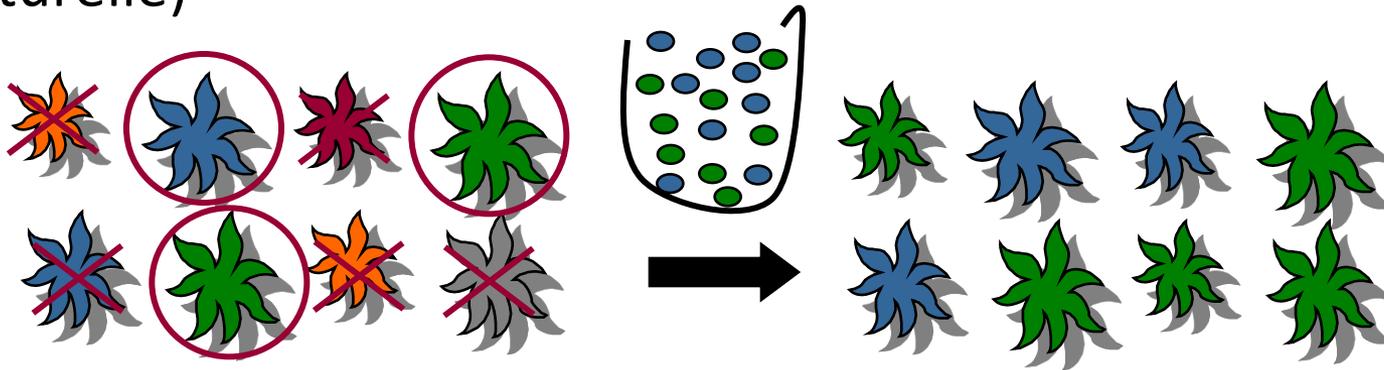
- Les plantes les mieux adaptées aux conditions de culture (climat, sol, pratiques,...) et les plus compétitives vont donner plus de grains



- Les plantes qui donnent le + de grains vont plus transmettre leurs gènes à la génération suivante
- Le paysan « utilise » cette sélection en choisissant les pratiques de culture, la parcelle,...

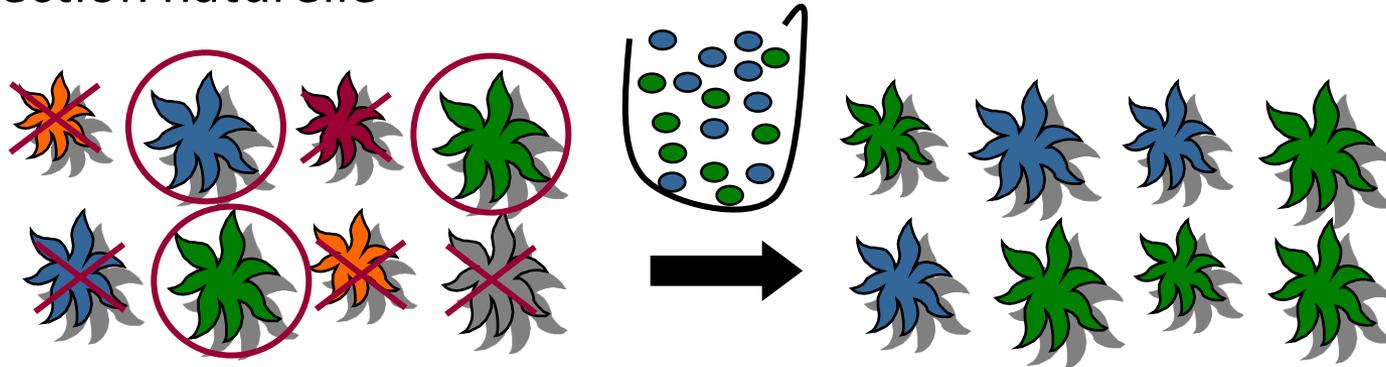
Sélection massale

- Le paysan choisit un certain nombre d'épis ou de plantes sur ses critères (ils peuvent être différents de ceux de la sélection naturelle)



Sélection massale

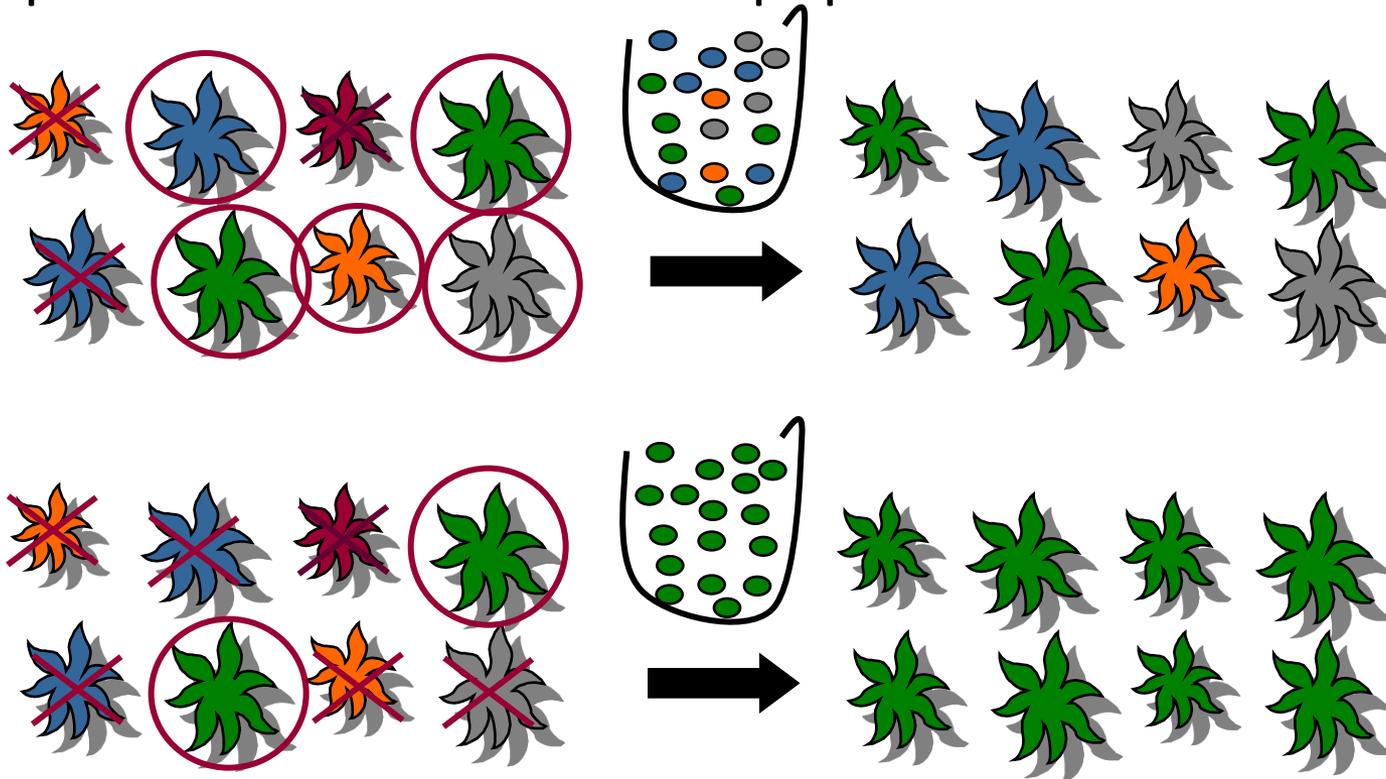
- **Chez les espèces autogames:**
- les plantes qui ne sont pas choisies disparaissent et ne laissent aucun descendant, la sélection massale est plus «radicale» que la sélection naturelle



- **Chez les espèces allogames:**
 - Sélection négative avant floraison => les plantes qui sont éliminées disparaissent et ne laissent aucun descendant
 - Sélection positive => les plantes qui ne sont pas choisies peuvent contribuer à la génération suivante par le pollen, la sélection est 2 fois moins efficace.

Les risques de la sélection massale

- Trop réduire la diversité intra-population



Les risques de la sélection massale

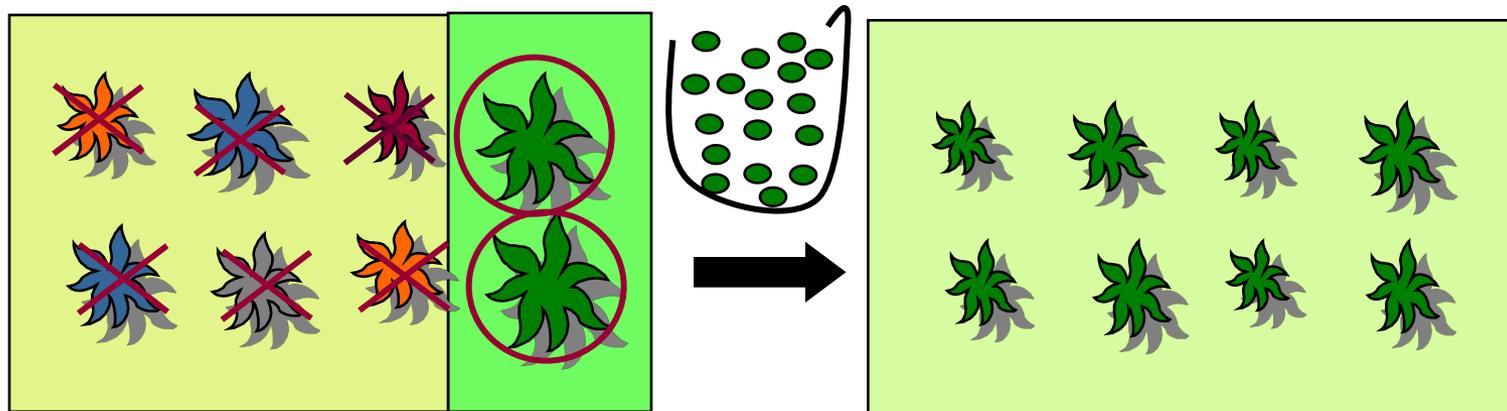
- On a fait les « mauvais » choix parce que:
 - On a mal évalué les qualités des plantes

$$P = G + E (+ G \times E)$$

N°14
rep1

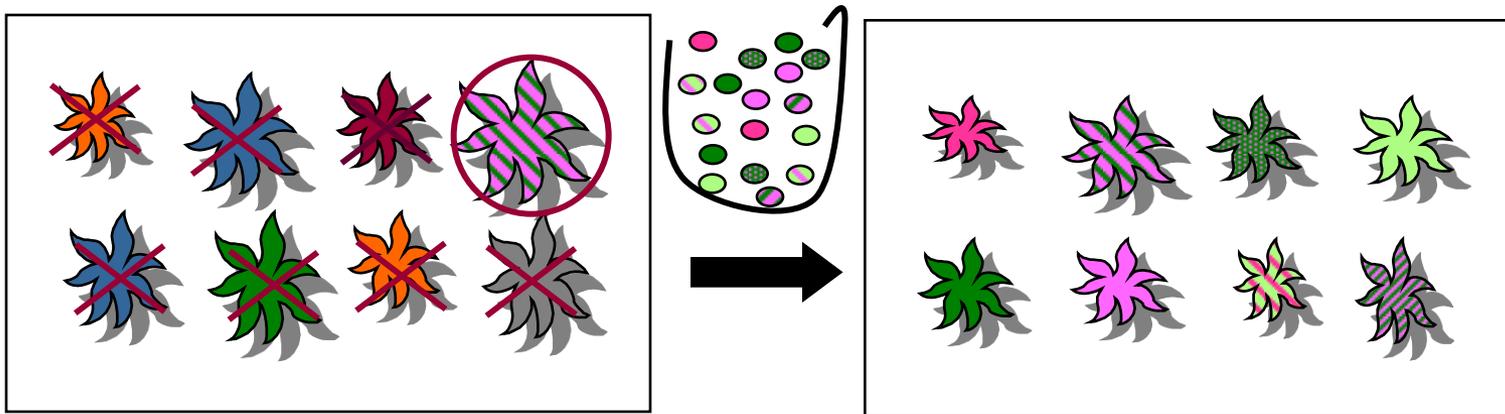


N°14
rep2



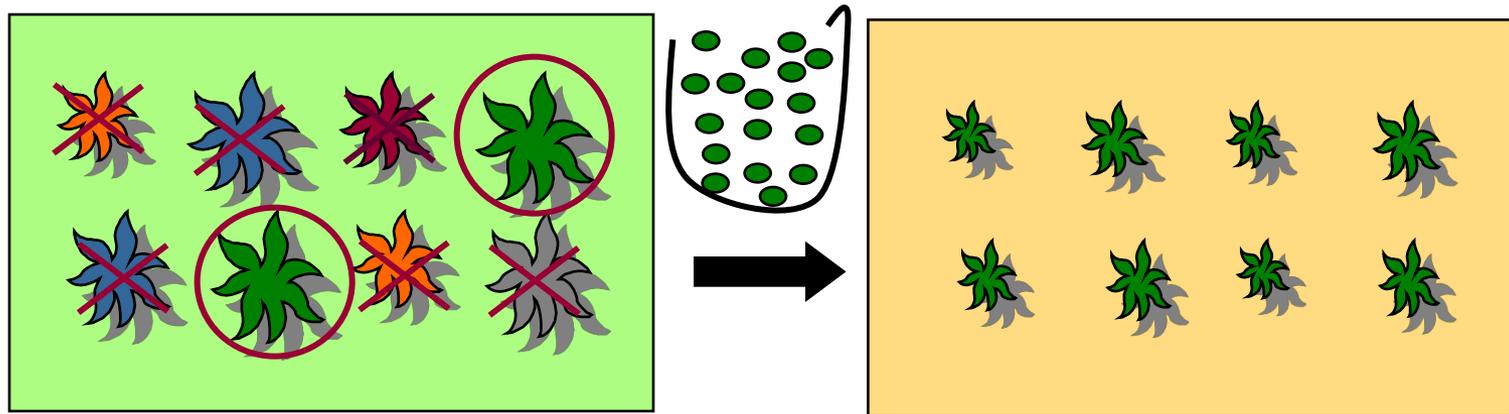
Les risques de la sélection massale

- On a fait les « mauvais » choix parce que:
 - Lorsque les génotypes ne sont pas fixés, il y a ségrégation dans la descendance...



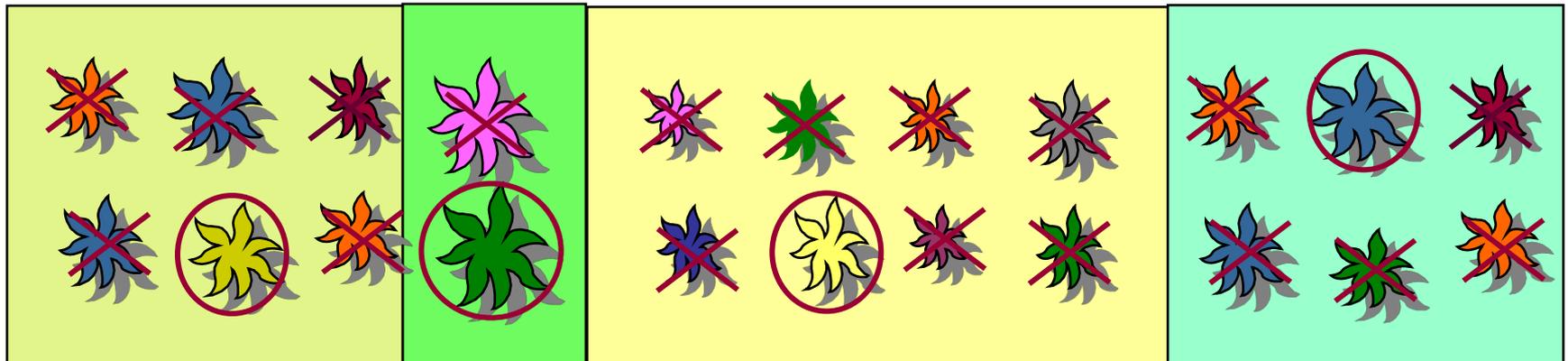
Les risques de la sélection massale

- On a fait les « mauvais » choix parce que:
 - Les qualités nécessaires à l'adaptation des plantes changent selon l'environnement et l'année

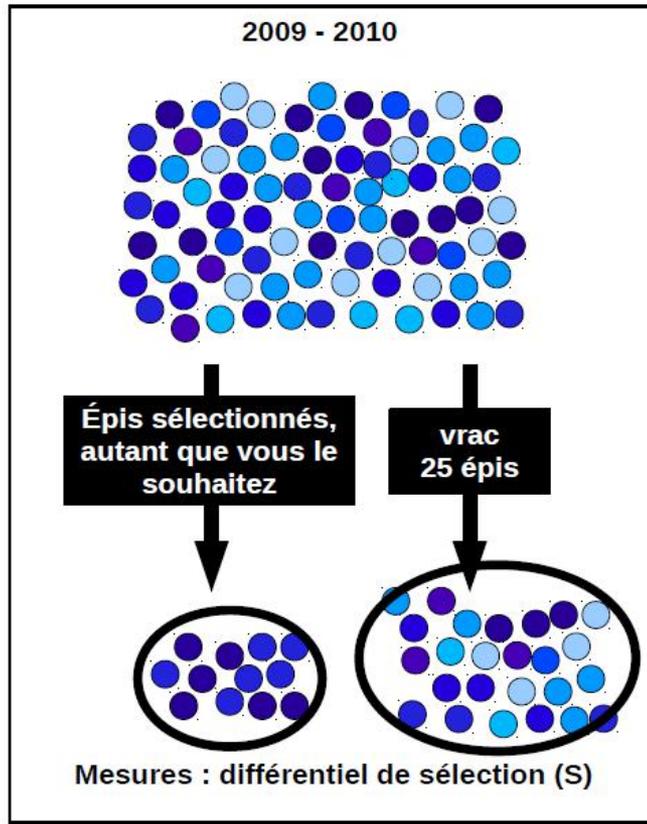


Quelles précautions pour la sélection massale

- Choisir suffisamment d'épis ou de plantes
- Se forcer à choisir sur l'ensemble de la parcelle ou des parcelles

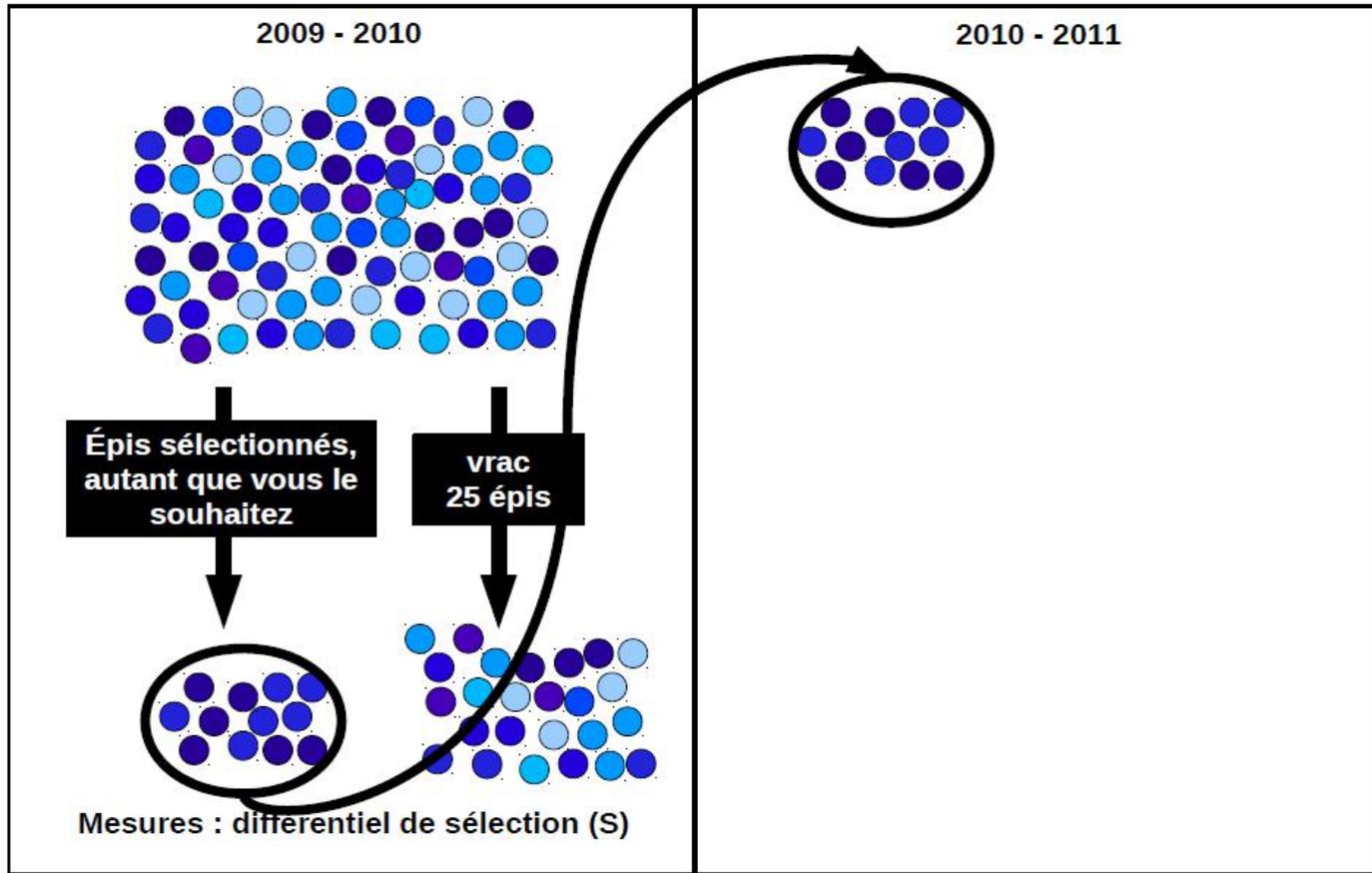


Etude de la réponse à la sélection

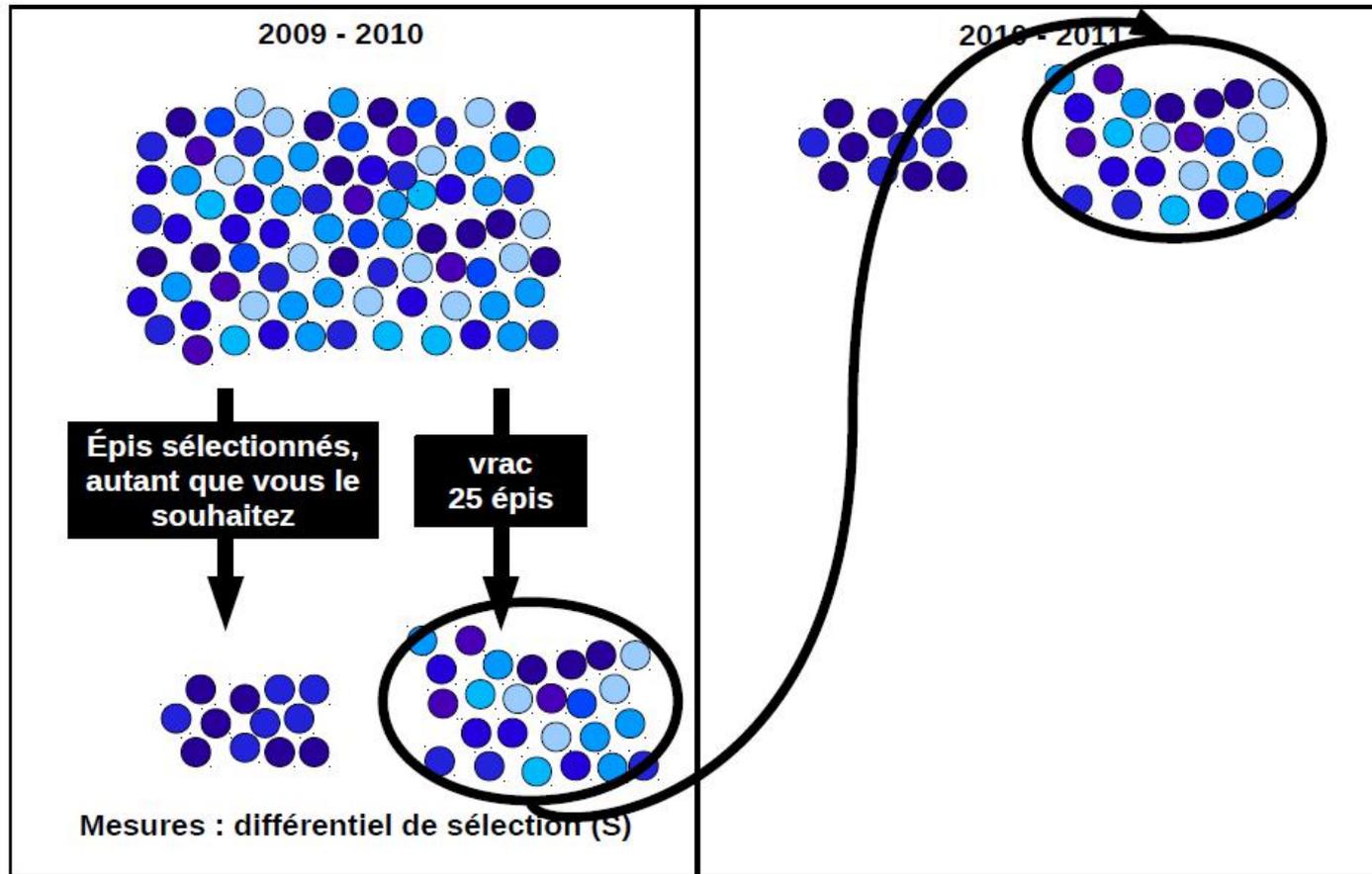


$$S = \mu_{bulk} - \mu_{selected\ spikes}$$

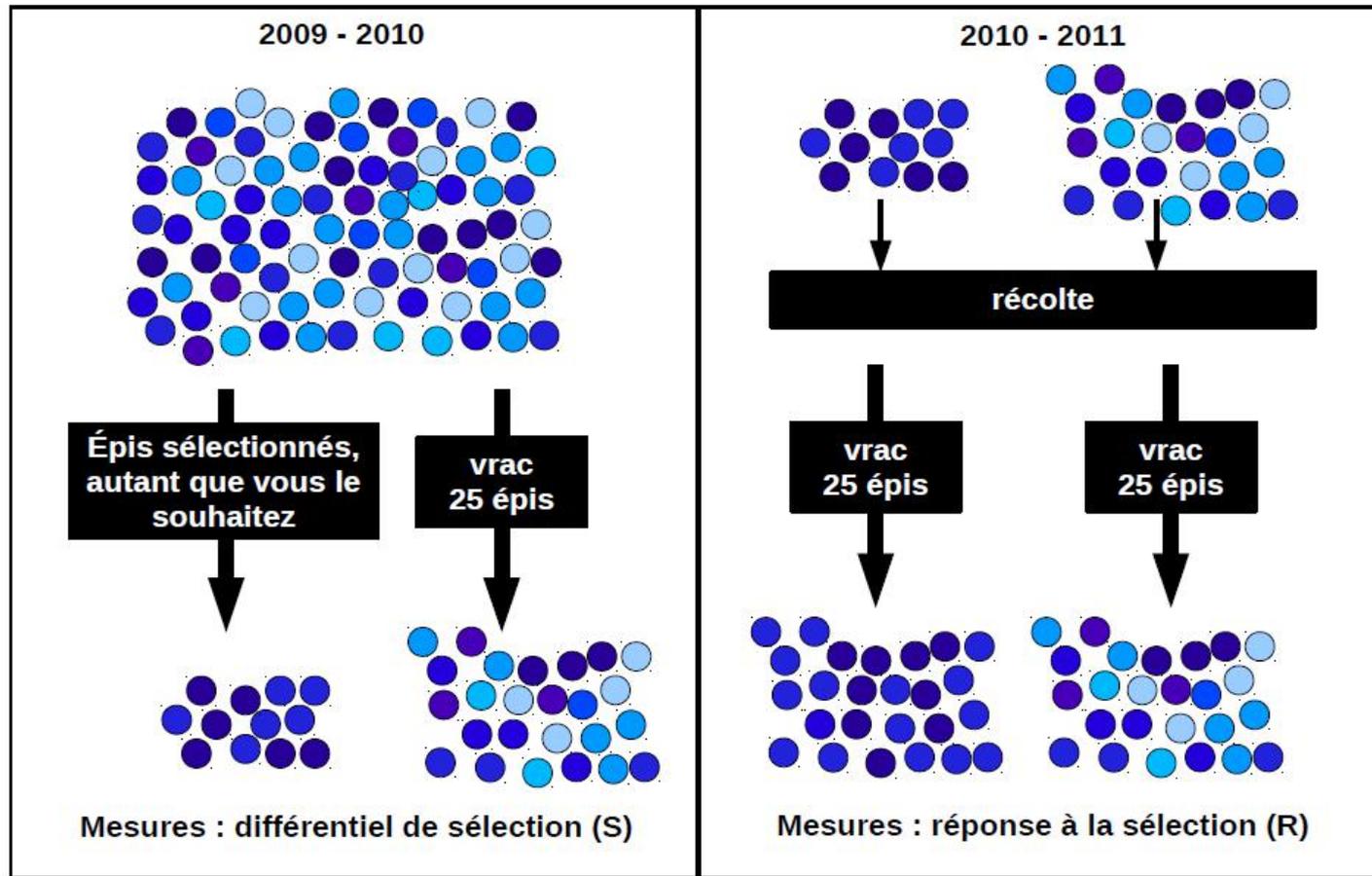
Etude de la réponse à la sélection



Etude de la réponse à la sélection

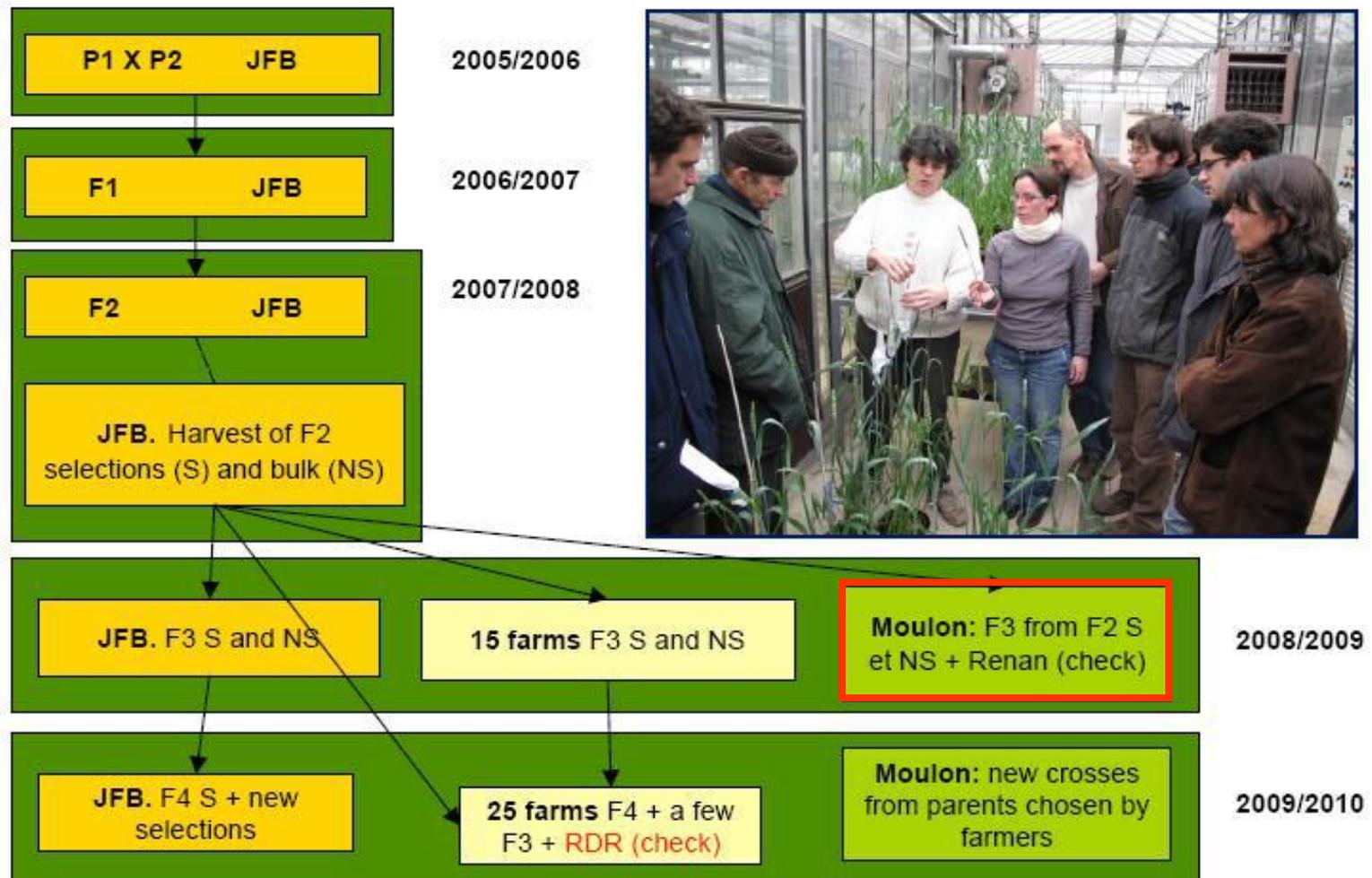


Etude de la réponse à la sélection

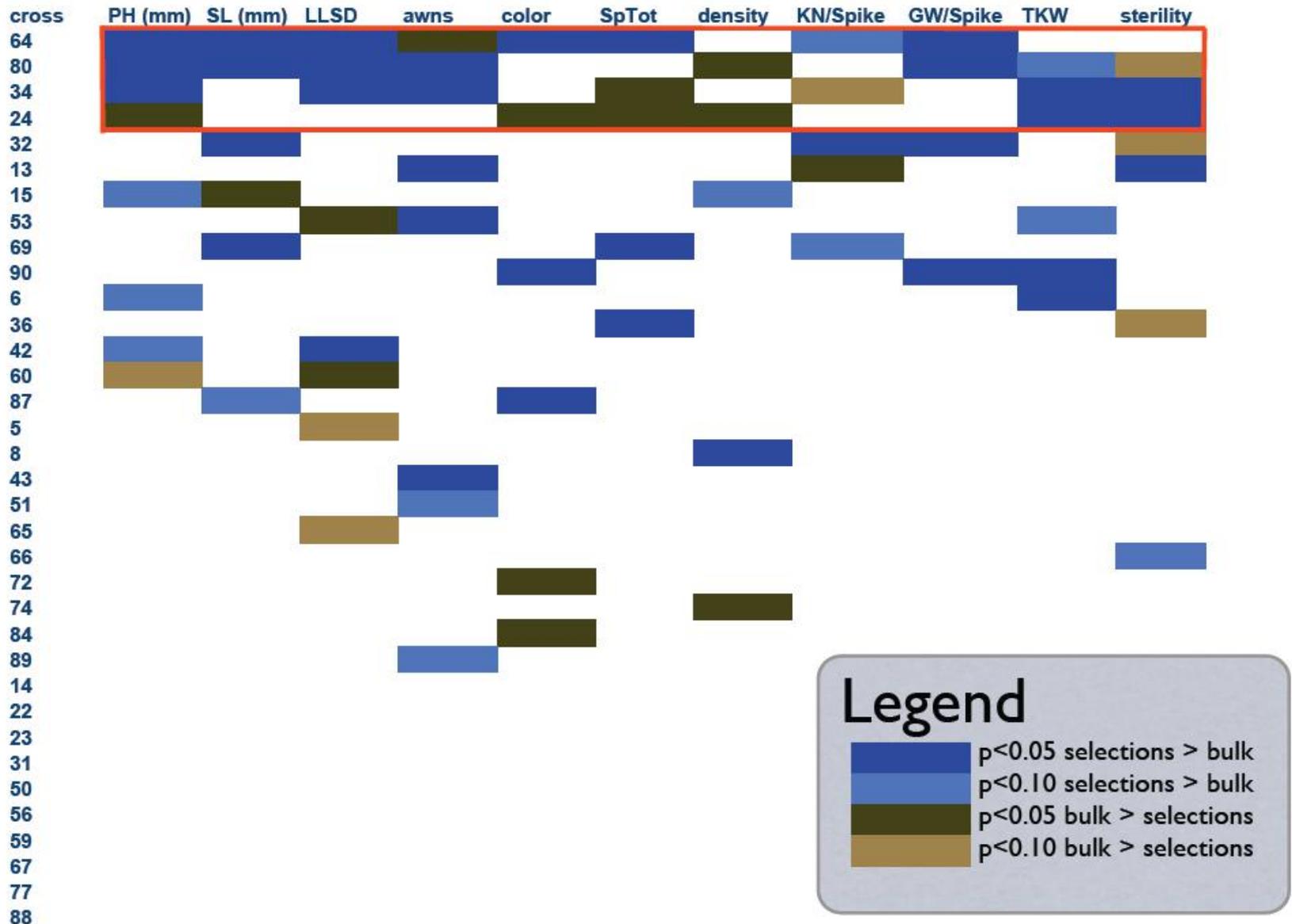


Sélection intra-population en génération précoce

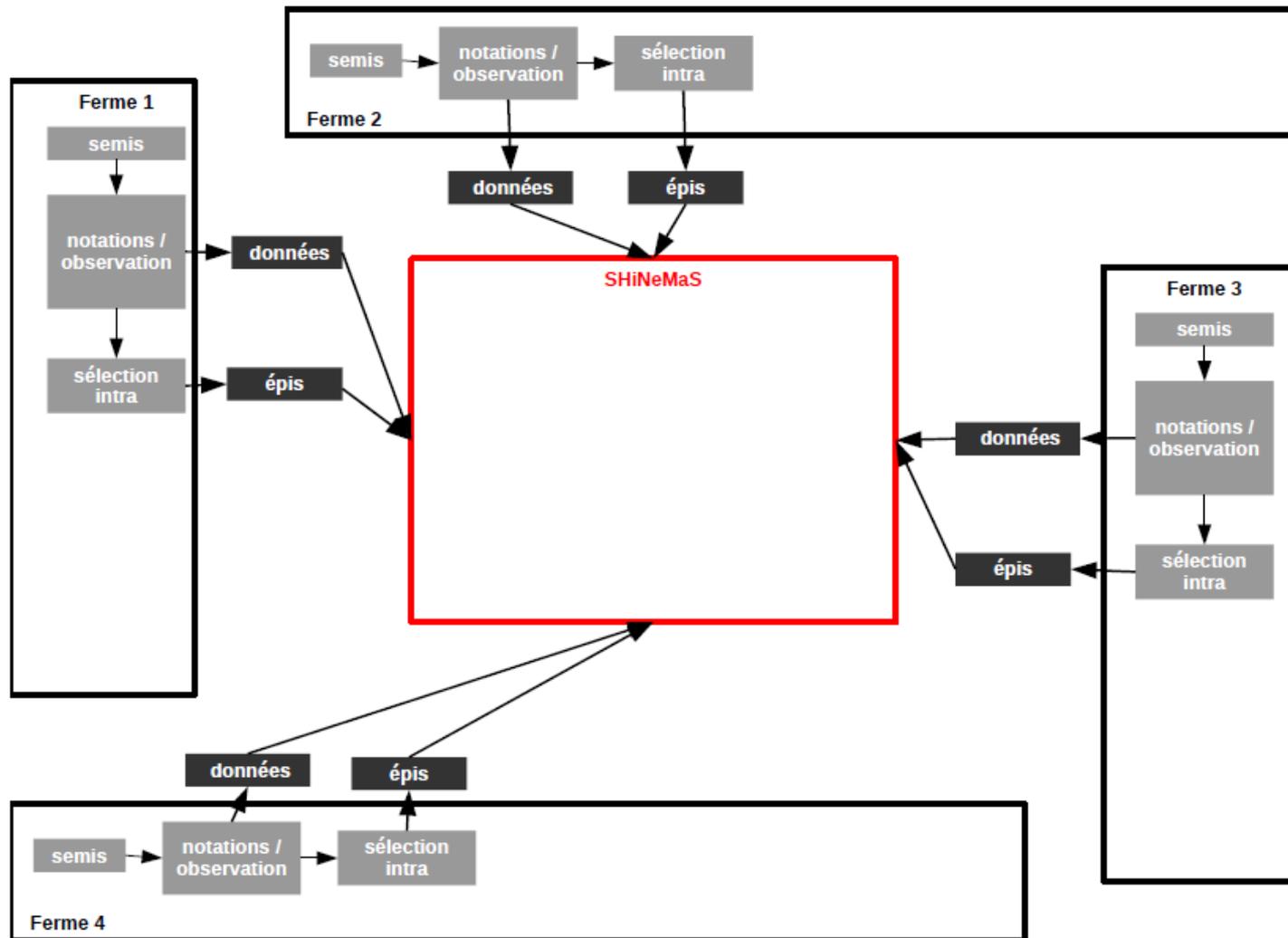
(Rivière et al. 2015)



Réponse à la sélection massale paysanne dans les descendance F3



Organisation au cours des saisons



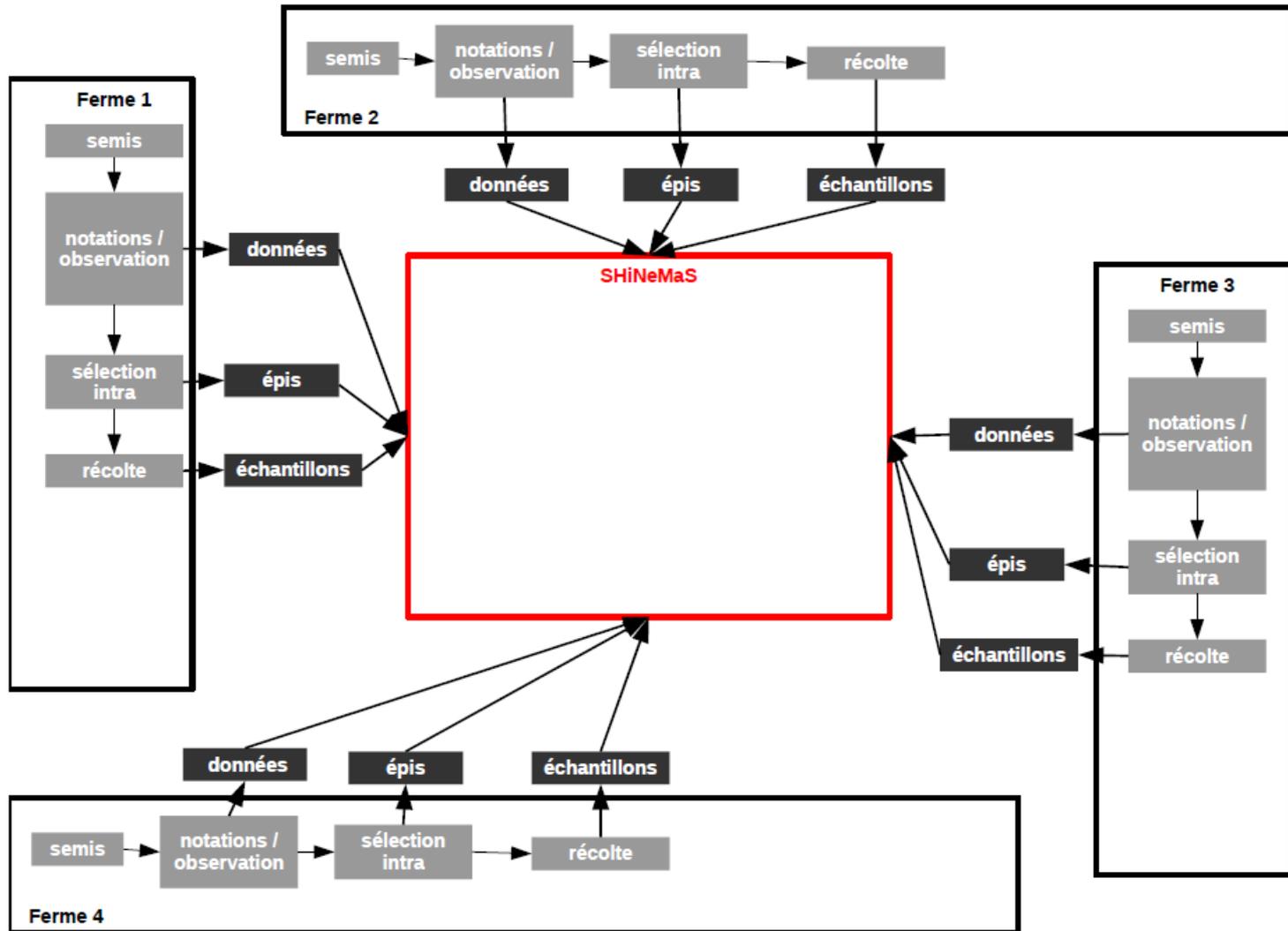
Echanges lors des visites

Mesures dans les champs sur les fermes régionales lors de la visite d'été:

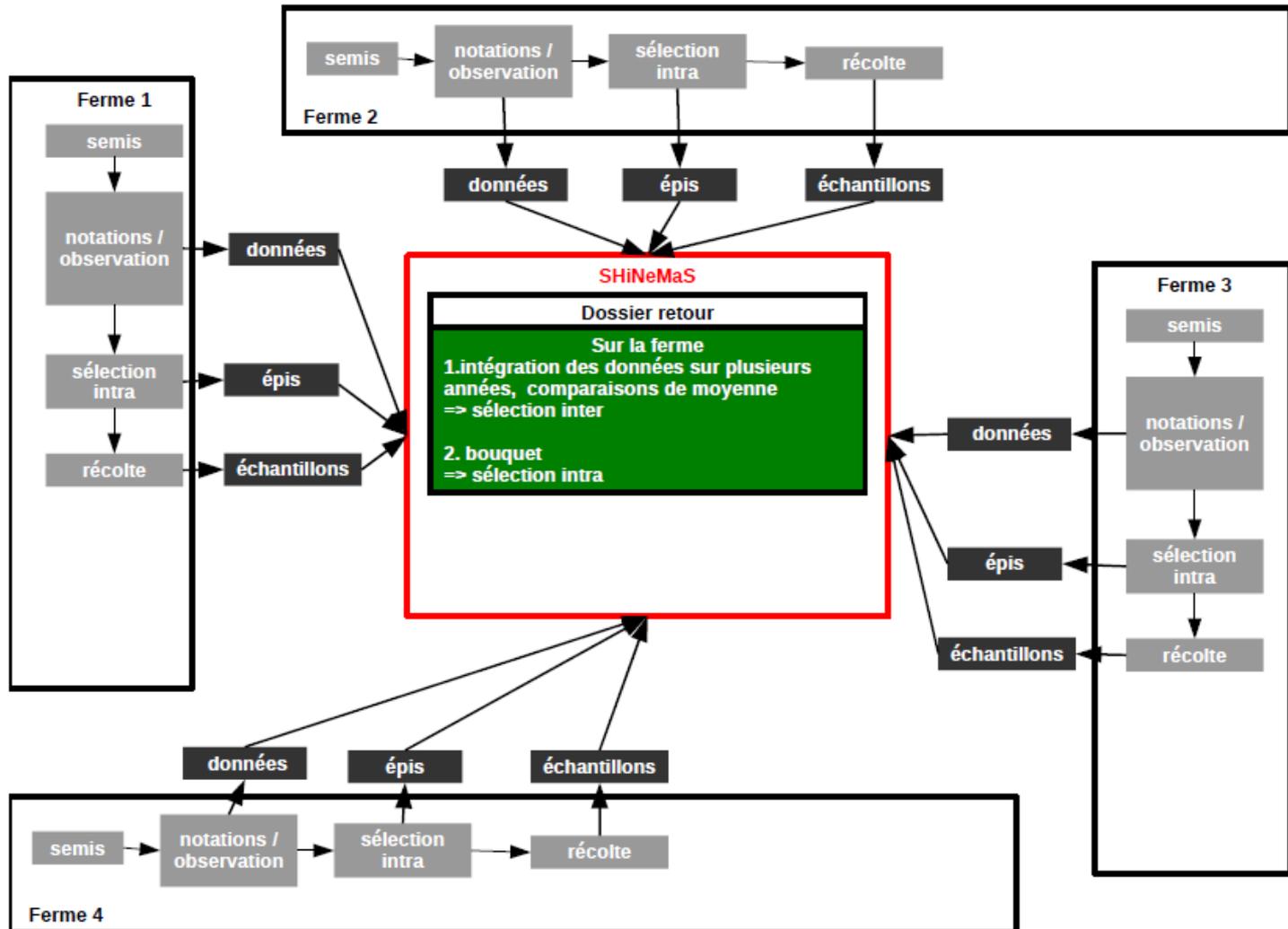
Communication discussion sur la sélection (utilisation d'un jeu de sélection)



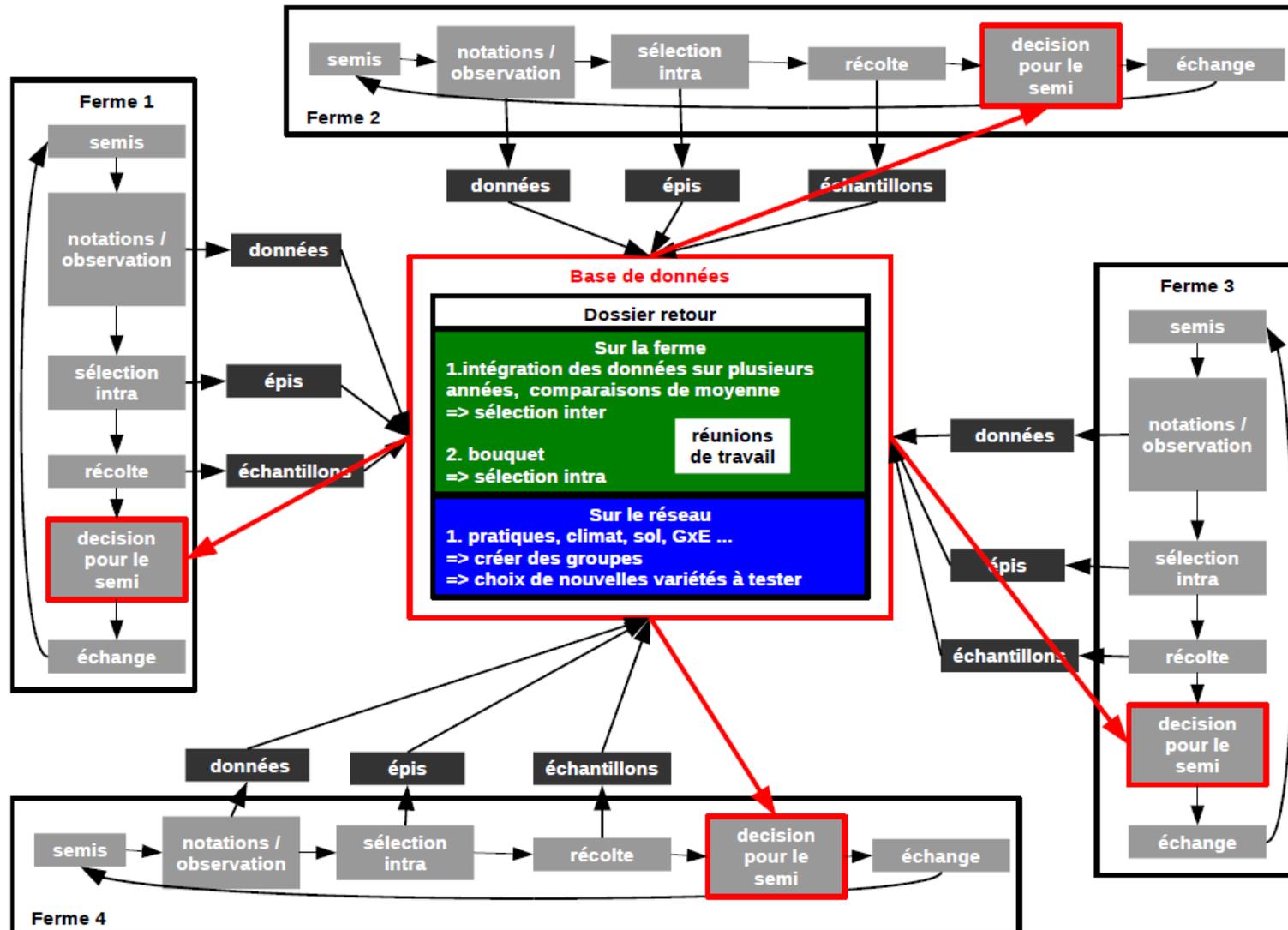
Organisation au cours des saisons



Organisation au cours des saisons



Organisation au cours des saisons



Sélection entre familles / populations

- Plus sûre si elle s'appuie sur plusieurs années (et plusieurs lieux) d'observation des populations
- Plus sûre car elle s'appuie sur l'observation du comportement d'un ensemble de plantes

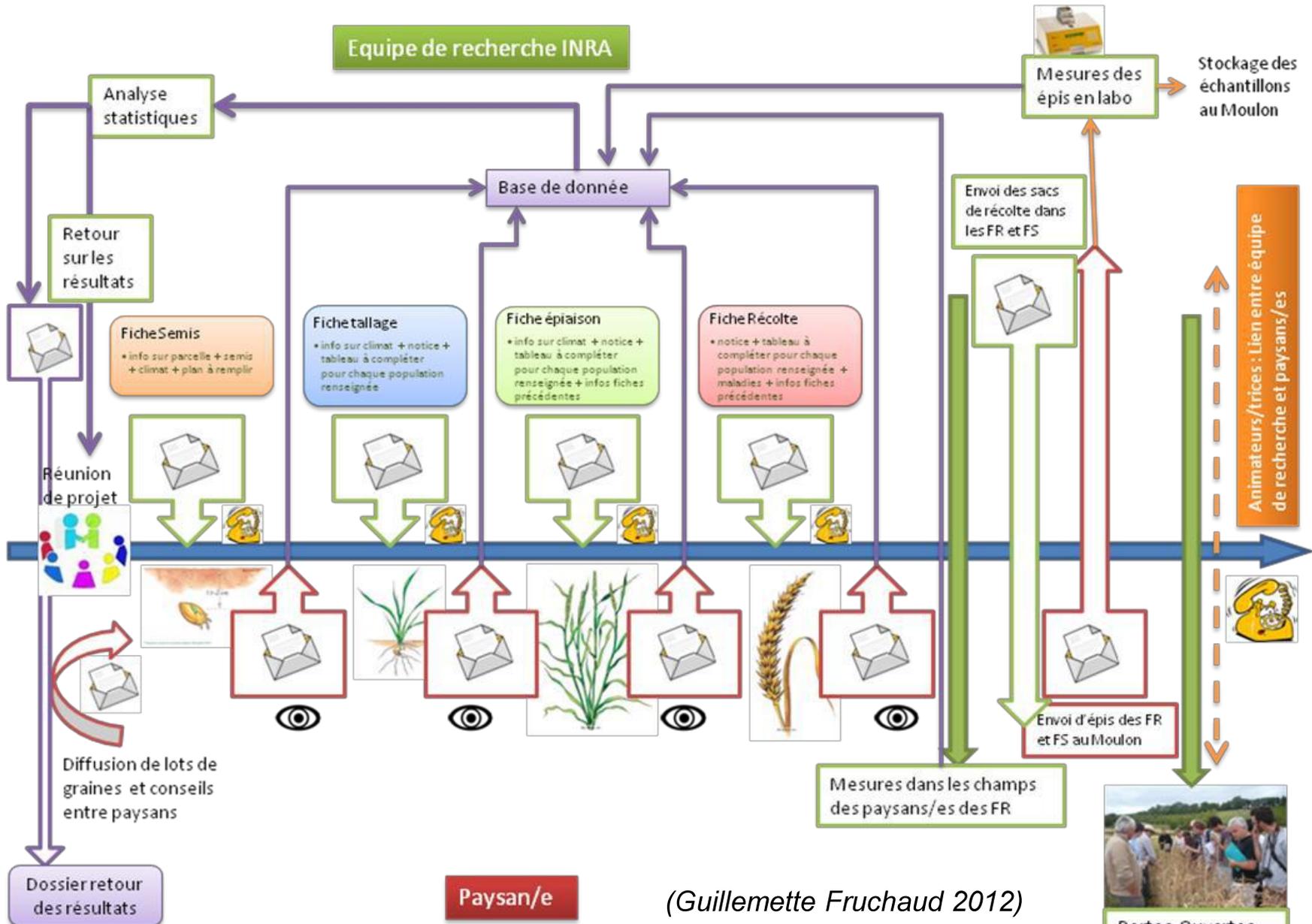
Sélection entre familles / populations

- Sélection entre les populations sur la base:
 - des observations des paysans sur leurs ferme
 - des résultats donnés dans le dossier bilan en septembre: comparaison des valeurs des populations intra-fermes => tests statistiques
- Introduction de nouvelles populations sur la ferme à partir de:
 - des visites sur d'autres fermes et observations du paysan
 - des résultats dans le dossier bilan sur l'ensemble des fermes => estimation des valeurs moyennes et de la sensibilité des populations aux environnements, regroupements des fermes

Des innovations collectives fortes

- Une organisation collective équipe recherche / associations- animateurs / paysans
 - Mise en commun des données, discussions et retours d'expériences, échanges de semences

Un mode d'organisation complexe



(Guillemette Fruchaud 2012)

Des innovations collectives fortes

- Une organisation collective équipe recherche / associations-animateurs / paysans
 - Mise en commun des données, discussions et retours d'expériences, échanges de semences
- Des outils génériques d'aide à la gestion / sélection collective de la diversité:
 - Protocoles d'observation, dispositif expérimental déséquilibré, statistiques Bayésiennes, dossier « retour » aux paysans, livret sélection participative, base de données

Une base de données adaptée au programme de SP

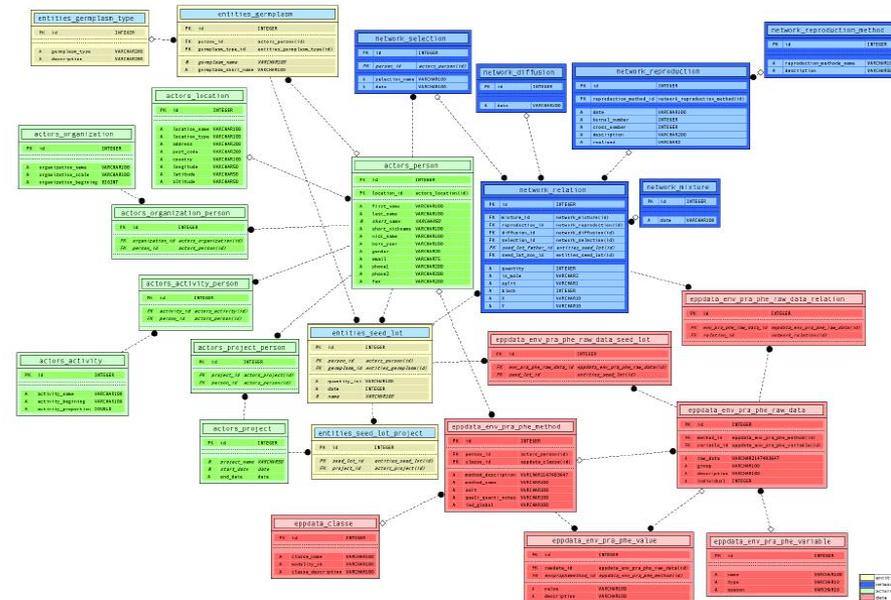
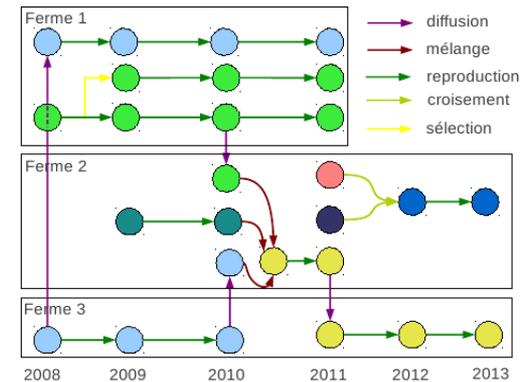
- Deux types de données:
 - Histoire des lots de graines
 - Données issues des expérimentations
- Données multi-annuelles et multi-sites

- Dispositif expérimental à la ferme:
 - ~ 25 agriculteurs impliqués,
 - > 60000 données/an, 2009-2010-... 2015

⇒ **Base de Donnée** = élément clé pour la gestion des données et du système



Pierre Rivière & Yannick de Oliveira



Des innovations collectives fortes

- Une organisation collective équipe recherche / associations- animateurs / paysans
 - Mise en commun des données, discussions et retours d'expériences, échanges de semences
- Des outils génériques d'aide à la gestion / sélection collective de la diversité:
 - Protocoles d'observation, dispositif expérimental déséquilibré, statistiques Bayésiennes, dossier « retour » aux paysans, livret sélection participative, base de données
- Un apprentissage et une autonomie accrue en matière de gestion de la diversité:
 - Sélection massale intra-populations, sélection entre populations, choix de nouveaux croisements

Formation aux croisements, 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 Evolution et Adaptation des Populations, Ferme du Moulon, 91190 Gil-sur-Yvette, France.
Site internet : <http://moulon.inra.fr/index.php/fr/equipes/deap>
contact : pierre.riviere@moulon.inra.fr ; isabelle.goldringer@moulon.inra.fr ; nathalie.gelic@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 : patrick@semencespaysannes.org

Août 2012

Croisements réalisées en tunnel à l'Inra à la demande des paysans du groupe



Des innovations collectives fortes

- Une organisation collective équipe recherche / associations-animateurs / paysans
 - Mise en commun des données, discussions et retours d'expériences, échanges de semences
- Des outils génériques d'aide à la gestion / sélection collective de la diversité:
 - Protocoles d'observation, dispositif expérimental déséquilibré, statistiques Bayésiennes, dossier « retour » aux paysans, livret sélection participative, base de données
- Un apprentissage et une autonomie accrue en matière de gestion de la diversité:
 - Sélection massale intra-populations, sélection entre populations, choix de nouveaux croisements
- De nouvelles variétés populations adoptées par les paysans



Chez la famille
Berthelot 2014,
1 variété commerciale
entourée de variétés
issues de sélection
participative

La variété issue de sélection participative **Japhabelle**



Evaluation des premières variétés issues de SP

- Objectif: évaluer le comportement agronomique à la ferme et la qualité des premières variétés populations issues de sélection participative
- Variétés issues de sélection participatives proposées par **5 paysans**
- Evaluation sur **6 fermes**

	<u>Paysan</u>	<u>Initiales</u>	<u>proposition de variété</u>	<u>semis des essais</u>
1	Bernard Ronot	BER	x	
2	Christian Dalmasso	CHD	x	x
3	Florent Mercier	FLM	x	x
4	François Caizergues	FRC		x
5	Jean-François Berthelot	JFB	x	x
6	Jean-Sébastien Gascuel	JSG		x
7	Raphaël Baltassat	RAB	x	x

Variétés évaluées

- **10 variétés paysannes**

- Dix variétés-populations développées au sein du programme de Sélection Participative (SP) proposées par 5 paysans dans le projet, qui correspondent à un large éventail de types de variétés-populations

- **+ 2 variétés commerciales:**

- Renan: variété « rustique » inscrite par l'Inra en 1989
- Hendrix: variété inscrite par l'Inra en 2013 sélectionnée pour l'AB

Les 10 variétés issues de SP

Nom	Origine	Type
Saint-Priest	F Mercier, Maine-Loire	Issue d'une variété Suédoise (Progress)
Rouge du Roc	JF Berthelot, -et-	Sélection massale dans Rouge de Bordeaux
Pop dynamique 2	F Mercier, Maine-et-Loire	Mélange de 3 variétés de pays et 2 variétés + récentes
Mélange-5 Bourguignon	B Ronot, Côte d'Or	Mélange de 11 variétés de pays locales
Mélange du Sud-Ouest	JF Berthelot, -et- Garonne	Mélange de ~ 20 variétés de pays locales
Savoysone	R Balthassat, Haute-Savoie	Issue d'un croisement entre 2 variétés de pays
Rocaloex	R Balthassat, Haute-Savoie	Mélange de 11 populations issues de croisements
Mélange-1 13 pops	B Ronot, Côte d'Or	Mélange de 13 populations issues de croisement
Dauphibois	C Dalmasso, Isère	Mélange de ~25 variétés de pays, populations issues de croisements et variétés récentes
Japhabelle	JF Berthelot, Lot- -	Mélange de ~25 populations issues de croisements et sélectionnées

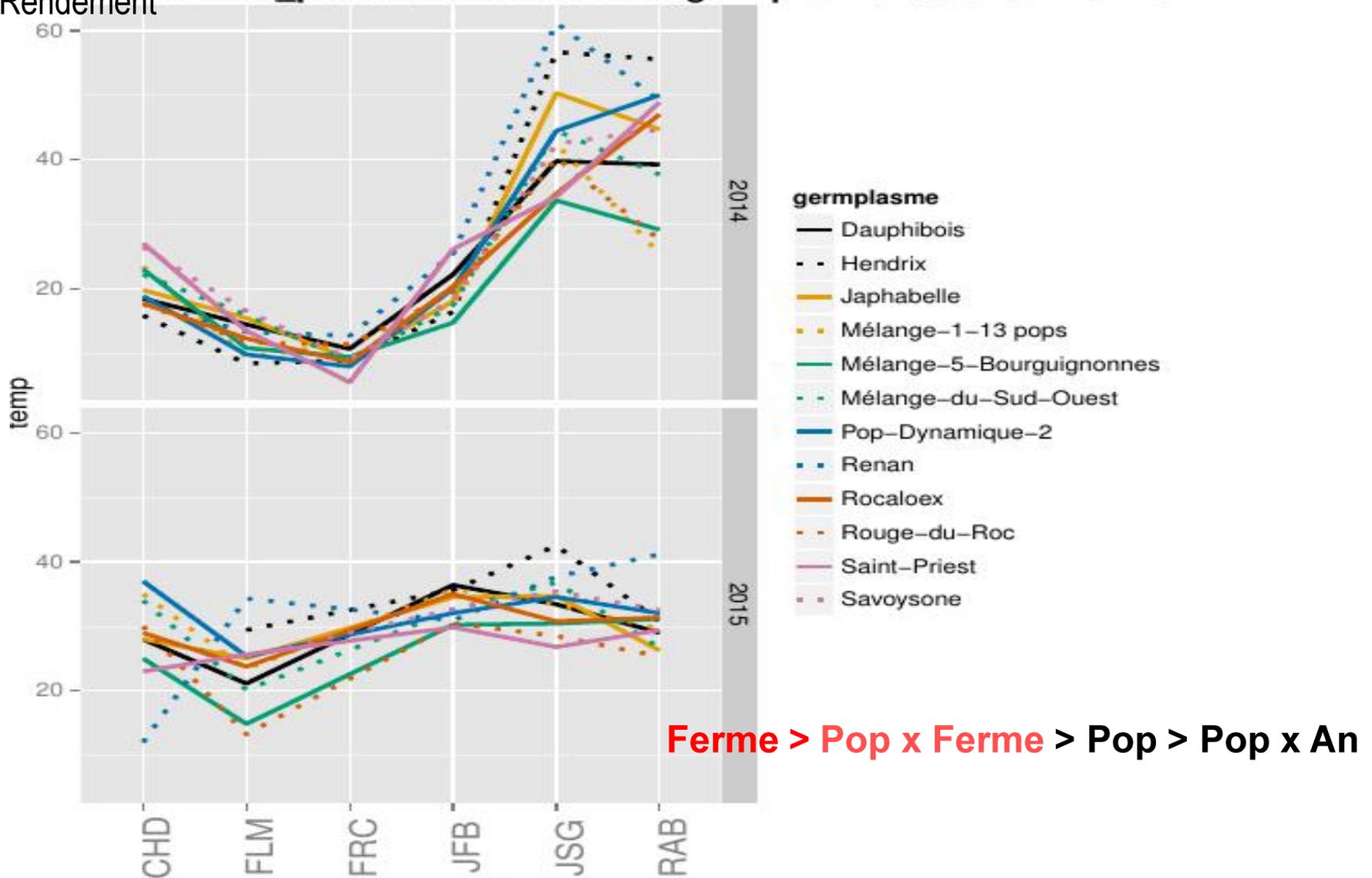
Chez Raphael Balthassat 2015, expérimentation
de variétés issues de sélection participative et
2 variétés commerciales

Savoysone chez elle



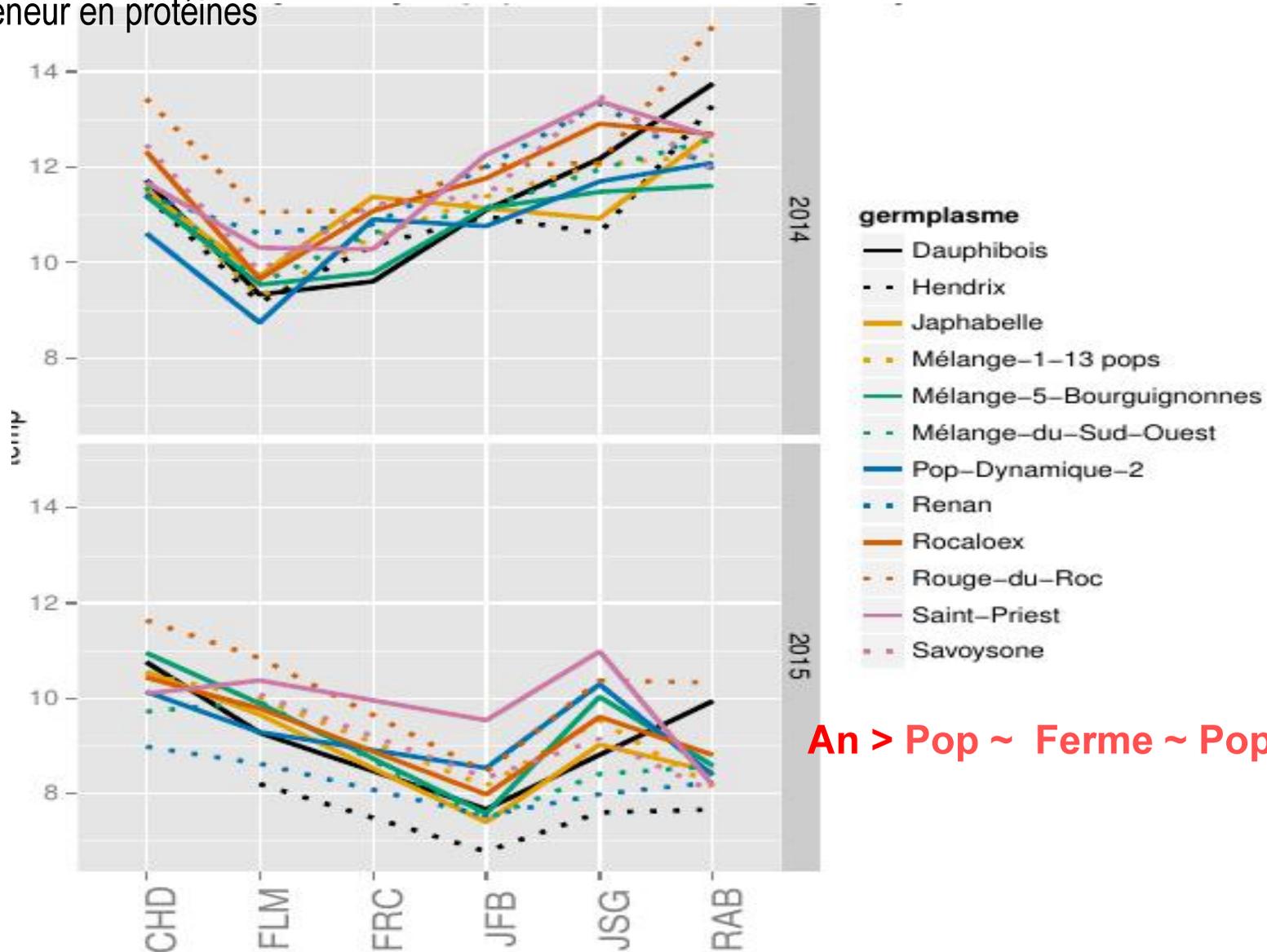
Evaluation du rendement en 2013-2014 et 2014-2015

Rendement



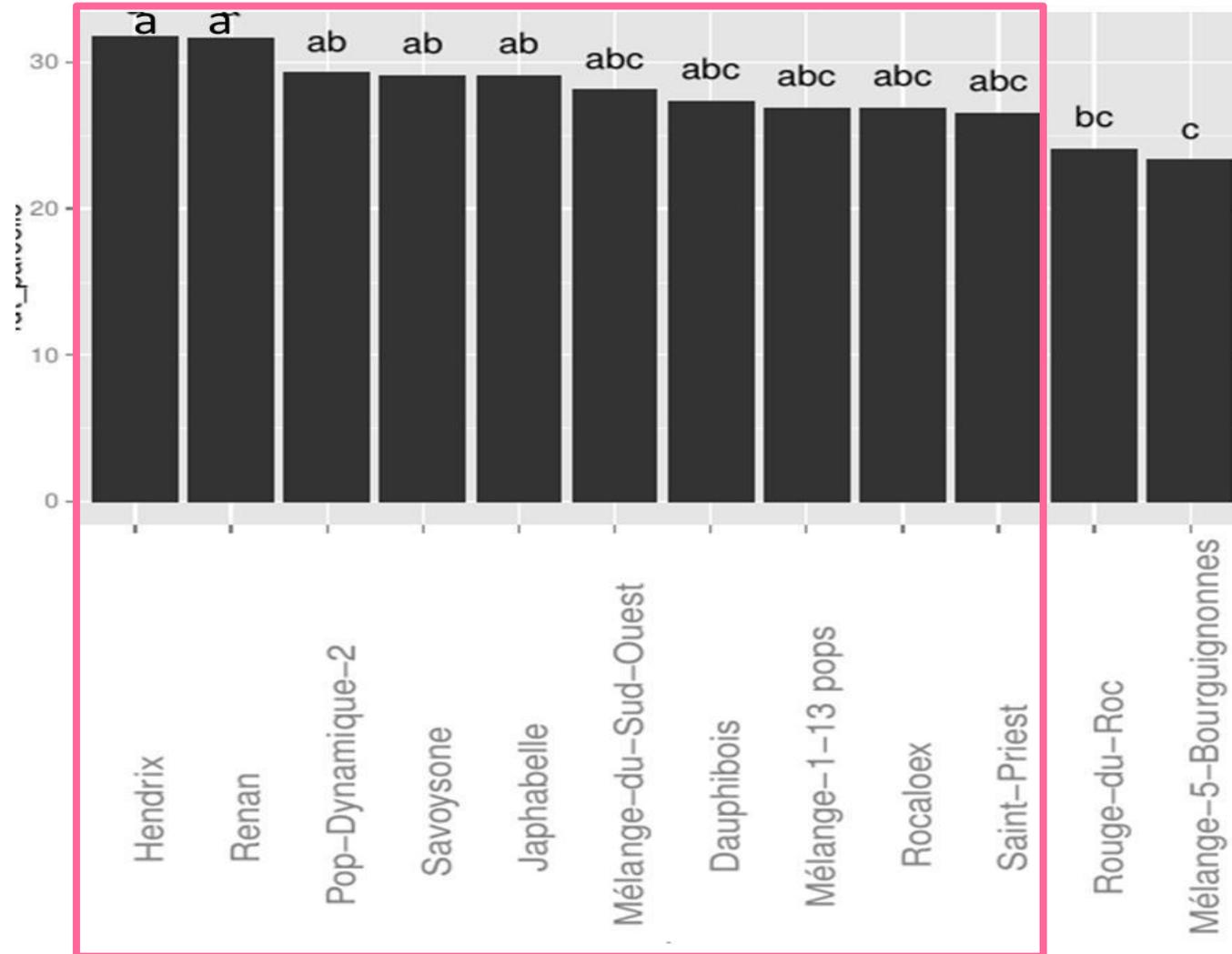
Evaluation de la teneur en protéines en 2013-2014 et 2014-2015

Teneur en protéines

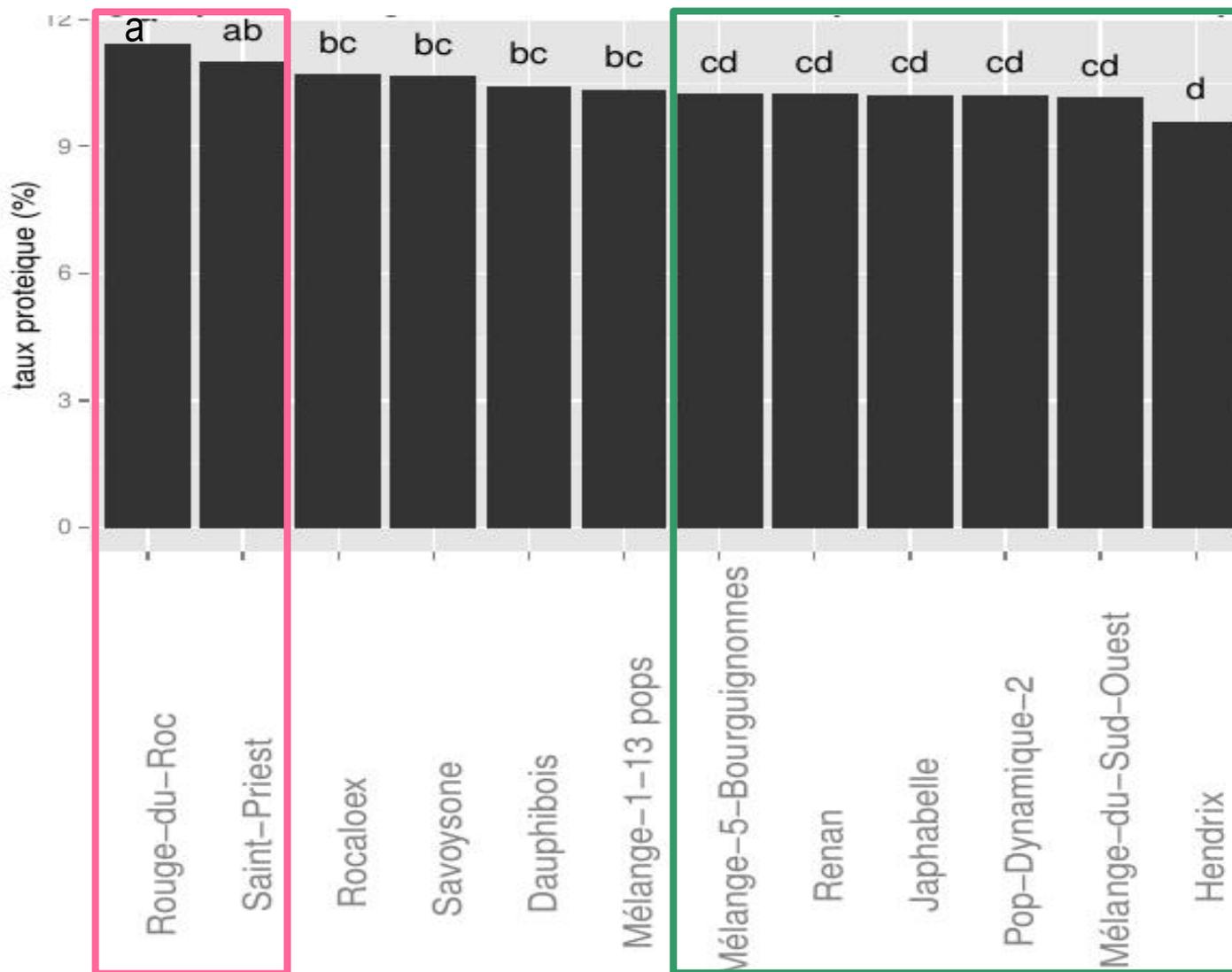


An > Pop ~ Ferme ~ Pop x Ferme

Performances globales des variétés pour le rendement en grain sur les 6 fermes et 2 années



Performances globales des variétés pour la teneur en protéines sur les 6 fermes et 2 années



Enjeux pour pérenniser la démarche et la diffuser

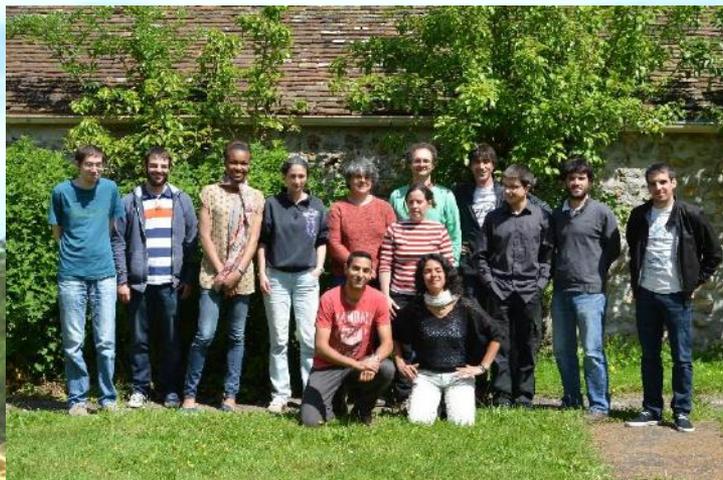
- **prendre le temps de la co-construction** entre les acteurs afin de
 - mettre en place une charte pour le groupe de travail ;
 - fixer les objectifs, les critères d'observation ...
- **adapter les outils** pour répondre aux objectifs des acteurs
 - dispositifs expérimentaux et statistiques
 - base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

Leviers pour accompagner la transition (changement de système)

- Former les animateurs qui ont un rôle clé dans la réussite de la sélection participative
- Créer un espace juridique pour les variétés issues de la sélection participative
- Identifier des sources de financement pour les maisons des semences paysannes.

Conclusions

- Développer une **approche intégrée** basée sur la **diversité génétique** par:
 - **Approche interdisciplinaire**: génétique, théorie/modélisation, écologie, sciences sociales et juridique, agronomie,...
 - **Recherche participative** qui s'appuie sur les acteurs: paysans, boulangers, sélectionneurs, citoyens consommateurs, ...
- Le partenariat institutions-citoyens permet:
 - d'élaborer des questions de recherche **originales** et **complexes** où recherche fondamentale et appliquée sont étroitement imbriquées
 - Contribuer au positionnement d'un domaine de recherche dans un champ d'application concret (**donner du sens aux recherches**)
 - Stimuler les réflexions des **citoyens** hors instituts sur les **choix scientifiques** et les besoins de recherche



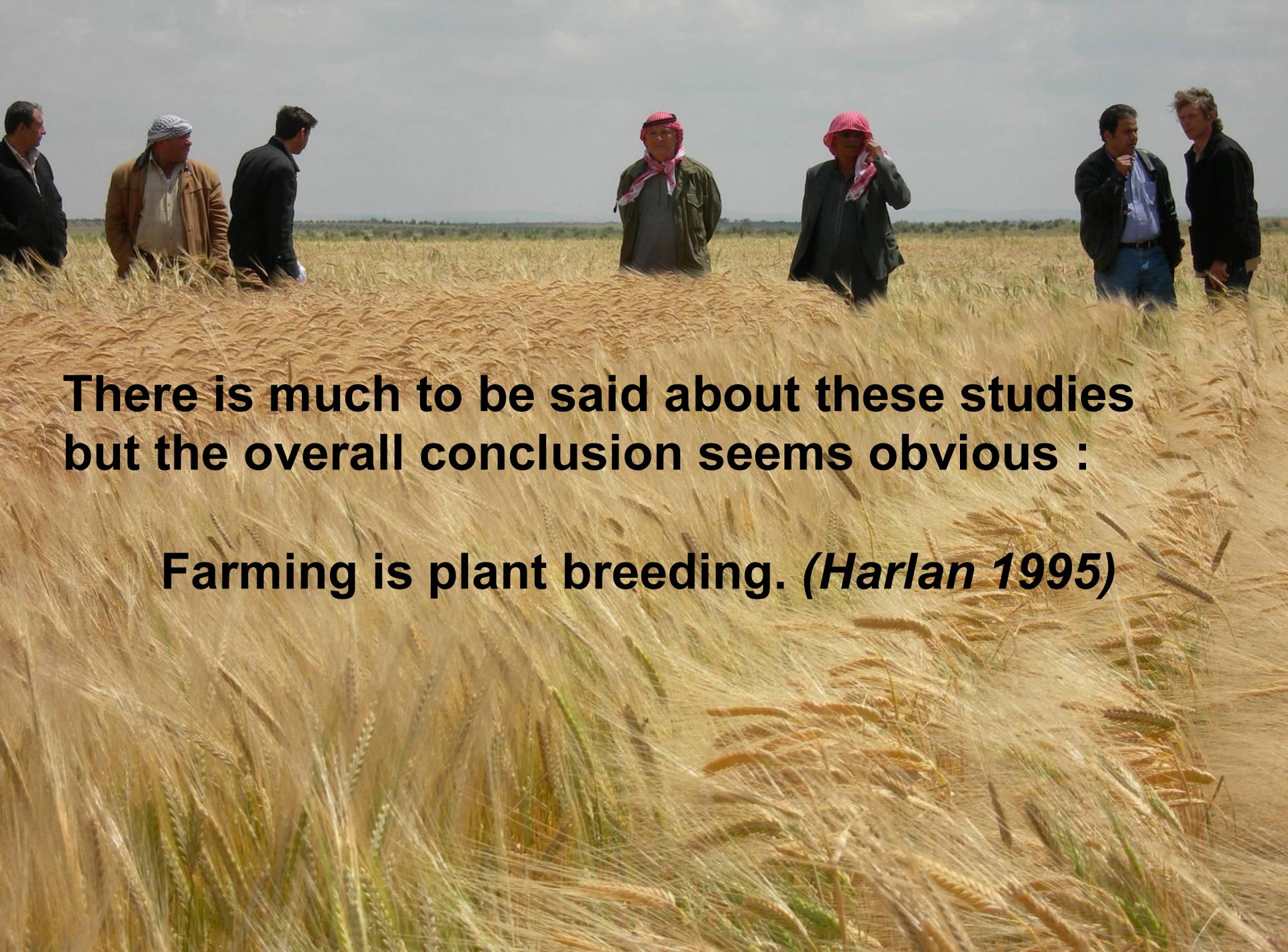
Sophie Pin, Nathalie Galic, Pauline L'Hote, Yannick de Oliveira, Jérôme Enjalbert, Mathieu Thomas, Gaelle van Franck, Emma Forst, Guillemette Fruchaud, Maxime Garnault, Caroline Bouvier d'Yvoire, Jonathan Locqueville, Thomas Gauthier
UMR Génétique Quantitative et Evolution Le Moulon

**Olivier David, Feyza Mermer *INRA, MaIAGE Jouy-en-Josas*
Bonneuil C, Demeulenaere E (*CNRS*)**

Pierre Rivière, Jean-François Berthelot et les paysans et animateurs du groupe Blé *RSP*

Merci de votre attention !





**There is much to be said about these studies
but the overall conclusion seems obvious :**

Farming is plant breeding. (*Harlan 1995*)