



***Sélection participative, evolutionary breeding:  
développer des ressources  
pour des pratiques agroécologiques diversifiées***



Isabelle Goldringer  
Génétique Quantitative et Evolution – Le Moulon

# Quels besoins variétaux pour l'agroécologie ?

- Adaptation à des conditions pédo-climatiques et des pratiques très diversifiées
- Fourniture de produits pour des circuits locaux, régionaux ou long
- Des usages (grain, paille,...) et des modes de transformation variés, et des demandes différenciées en termes de qualité
- Une recherche d'autonomie des agriculteurs notamment vis-à-vis des semences (choix, maîtrise, coût,...)
- Une demande des agriculteurs pour des variétés hétérogènes + résilientes et adaptables

=> Des besoins trop divers pour être pris en charge par une sélection centralisée de variétés génétiquement fixées

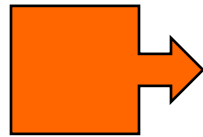


# Redéployer la diversité génétique cultivée au sein des agroécosystèmes

Intensification agricole,  
sélection « moderne »  
(20<sup>ème</sup> s.)

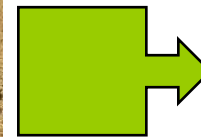


Variétés de pays  
(populations locales)



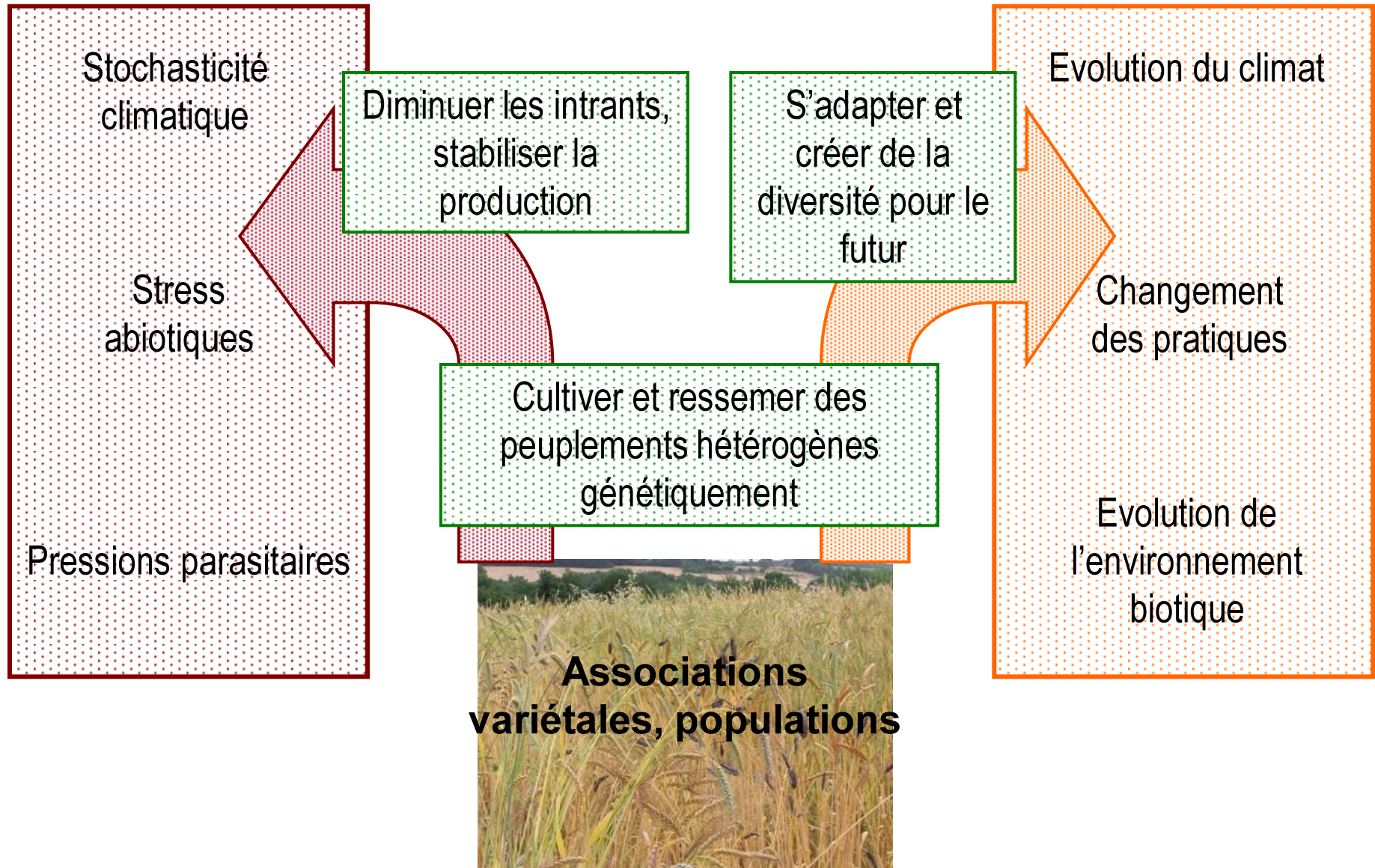
Variétés homogènes  
génétiquement (lignées  
pures, F1,..)

Ecologisation de l'agriculture,  
gestion dynamique  
(21<sup>ème</sup> s.)



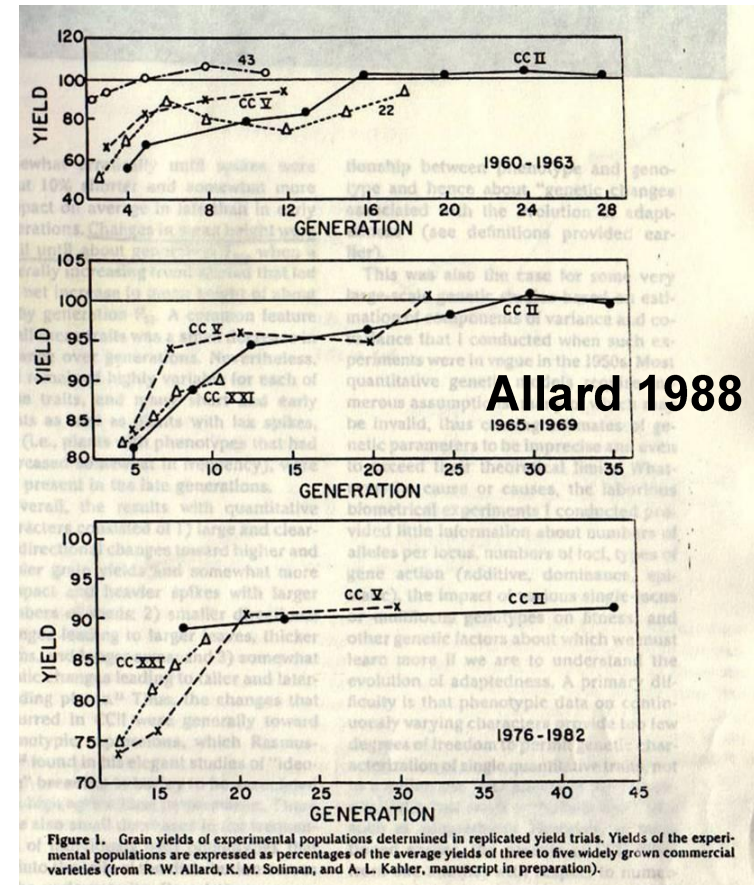
Associations variétales,  
populations dynamiques,  
sélection participative

# Utiliser et gérer la diversité génétique



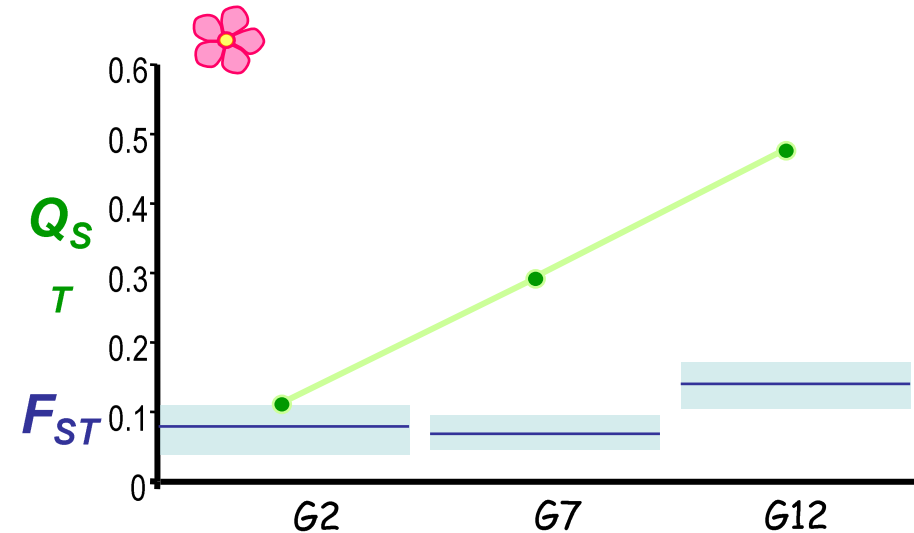
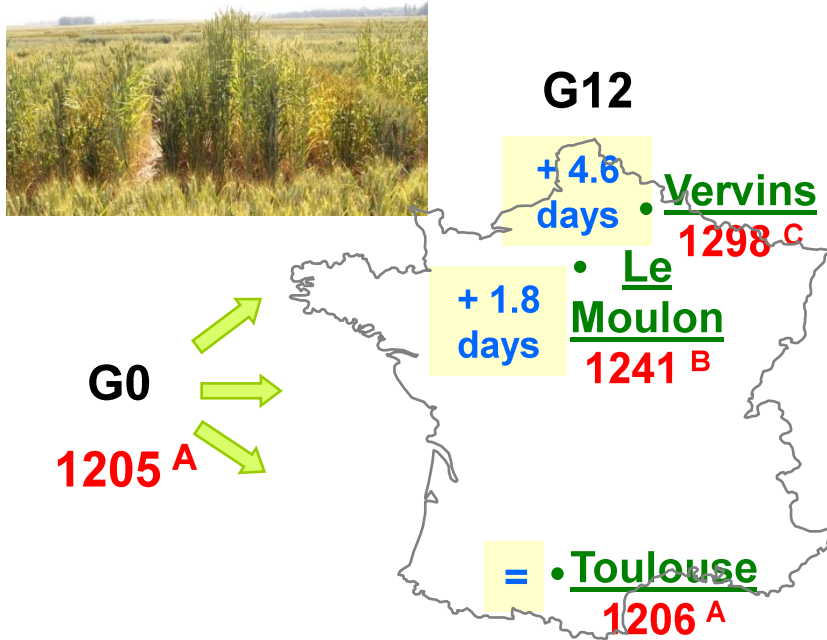
# Evolutionary breeding ou Gestion dynamique

- First proposed by Harlan, Allard, Suneson (1956) with the barley CCPs (UC Davis)
- Pool of F1 or more complex segregating populations, grown under natural selection in diverse environments
- Proposed as dynamic management of genetic resources => local adaptation (French wheat experiment 1984 – 2010)
- CCP for organic and low-input farming (ORC, Phillips & Wolfe 2005)  
=> european project SOLIBAM



# Gestion dynamique du blé tendre: sélection divergente pour la précocité

Goldringer et al 2006; Rhoné et al 2008 & 2010



=> Sélection divergente significative (tendance N-S) en G7 et G12 pour la précocité + les gènes de précocité (Vrn1...)

=> Adaptation climatique, évolution des résistances,...

=> Pour d'autres traits (ex: qualité), la sélection humaine est nécessaire



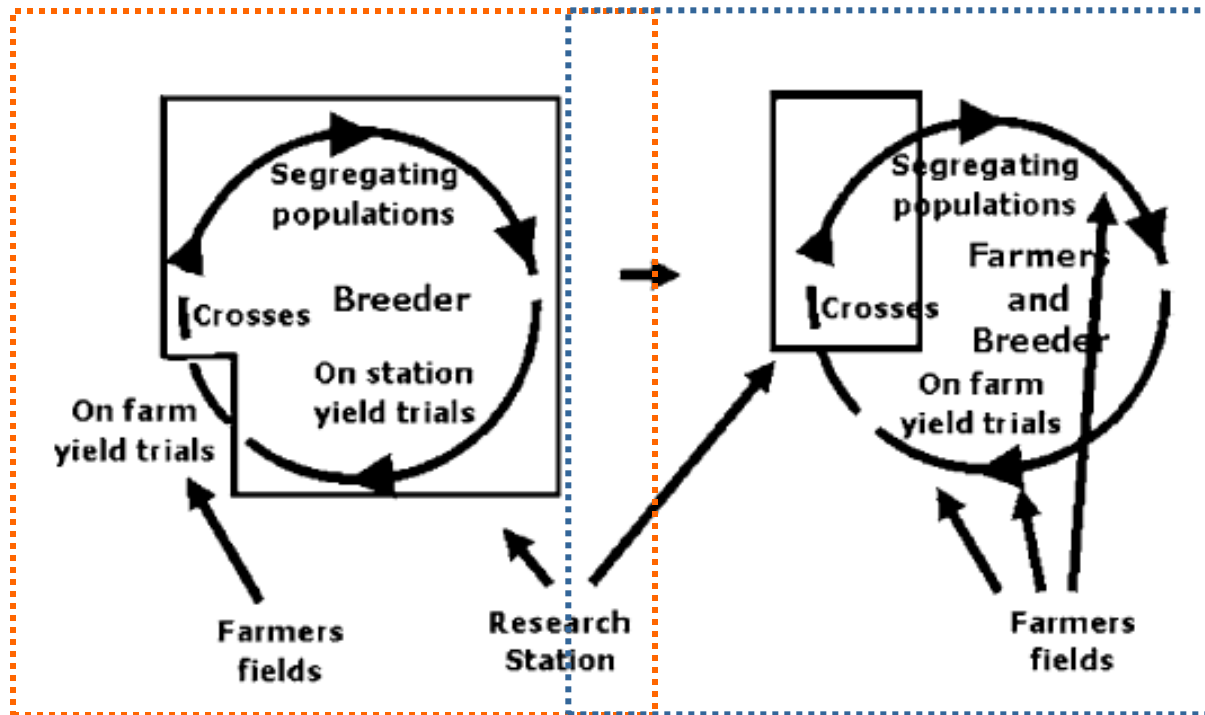
# Sélection participative décentralisée

- Evolutionary plant breeding (populations,...)
- Sélection décentralisée dans les environnements cibles pour une adaptation spécifique
- Sélection participative: agriculteurs (transformateurs, citoyens,...) & chercheurs / sélectionneurs



- « Crop breeding based on decentralized selection can still miss its objectives if it does not utilize the **farmers' knowledge** of the crops and the environment, and it may fail to fit crops to the specific needs and uses of farmers' communities unless it becomes **participatory**.» (Ceccarelli et al. 2000)

# Sélection participative vs sélection conventionnelle *(Ceccarelli & Grando 2007)*



- Conventional plant breeding is a cyclic process that takes place largely within one or more research stations (**left**) with the breeder taking all decisions; decentralized participatory plant breeding is the same process, but takes place mostly in farmers' fields (**right**) and the decisions are taken jointly by farmers and breeders





## Sélection participative: Exemple du projet Blé

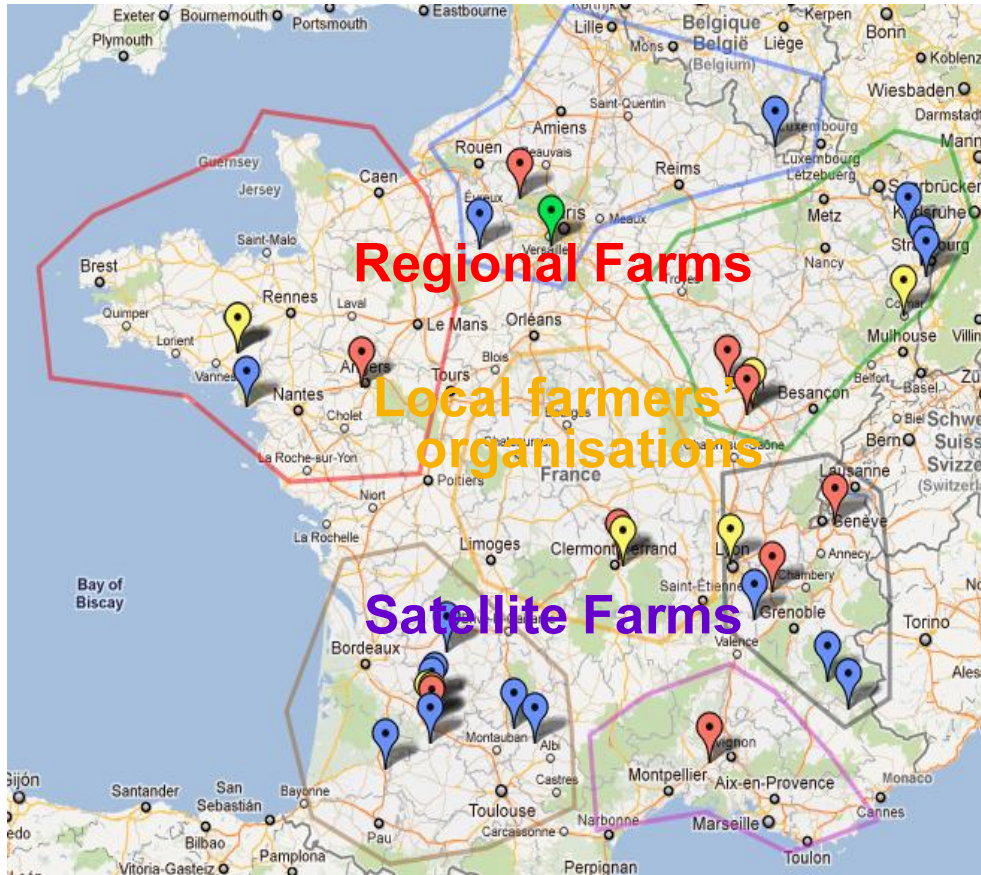
### Objectifs:



- 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: apprendre et améliorer leurs 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
- *Financements: Région IdF PICRI, Région Centre SPEAL, Projets européens FP7 SOLIBAM, CORE Organic II COBRA, H2020 DIVERSIFOOD, Fondation de France EcoAgri, INRA AgriBio4*

# Principes

## Sélection décentralisée



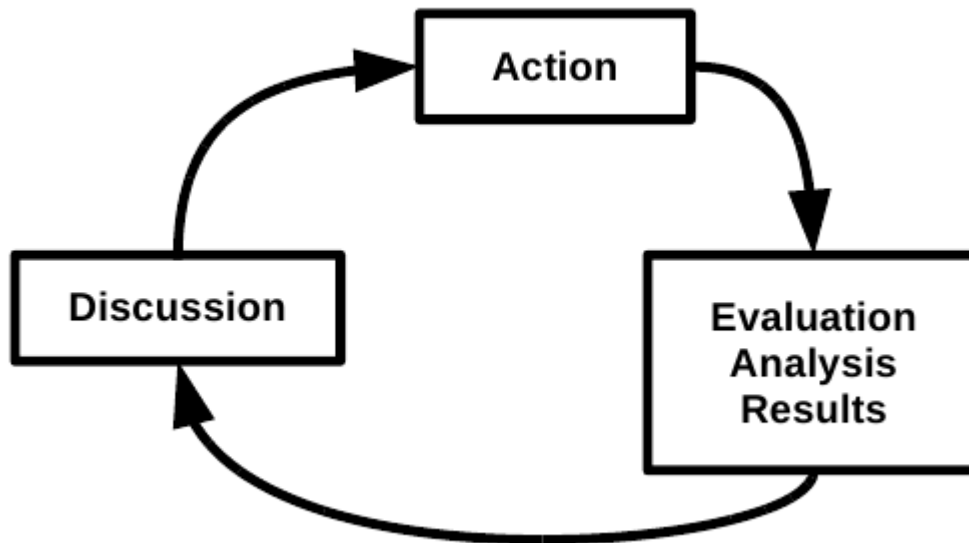
## Evaluation à la ferme dans les conditions habituelles de culture



JF Berthelot (Port Ste Marie)

Nouveaux croisements, mélanges, ressources existantes telles que variétés de pays, variétés anciennes, populations composites issues de programmes de recherche...

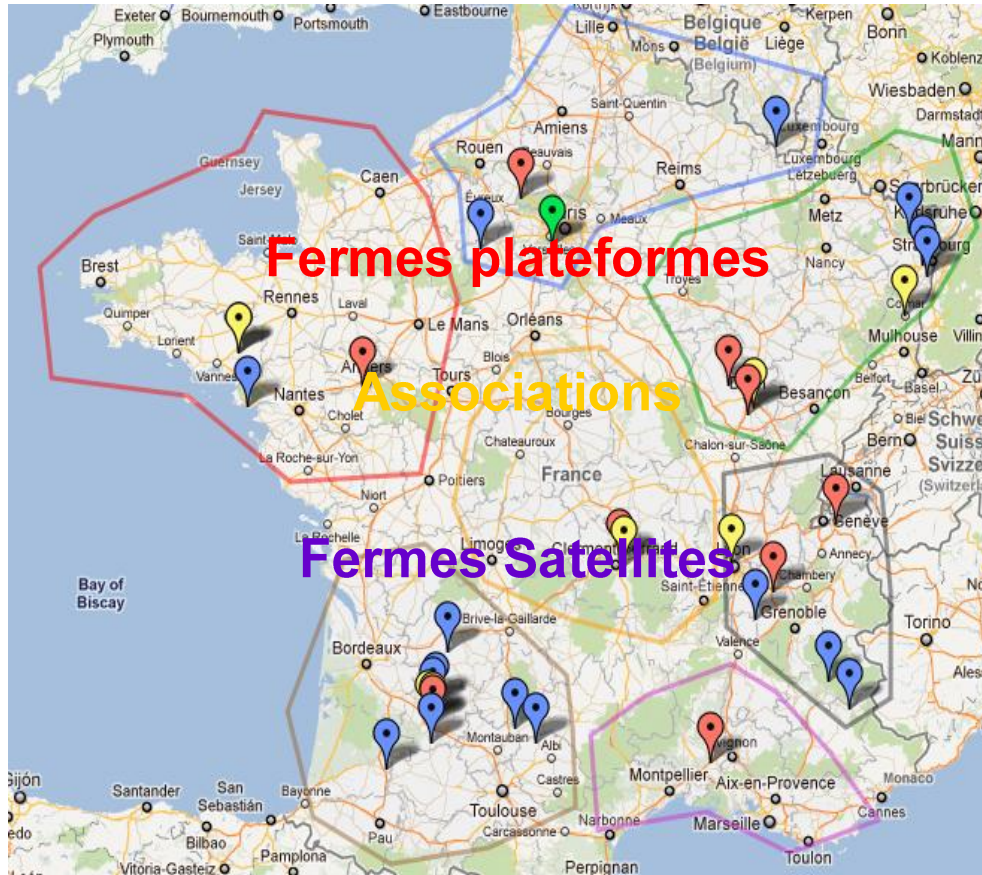
Le programme de sélection participative (=collaborative)  
est co-construit par les paysans, les animateurs des  
associations, les chercheurs (et d'autres acteurs)



Recherche-action: en même temps que la recherche est conduite pour répondre aux questions initiales, les méthodes et l'organisation peuvent être modifiées à chaque étape sur la base des décisions prises collectivement.



# 2 types de dispositifs expérimentaux



- Les **Ferme plateformes** :
  - accueillent 20-50 populations
  - sont un lieu de rencontre entre les paysans, les chercheurs et les associations régionales.
- Les **Ferme 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 2016 ~ 100 agriculteurs impliqués

# 2 types de dispositifs expérimentaux

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

## Fermes régionales

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

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

4 témoins dans 2 blocs

24 populations non répétées

## Fermes satellites

<b>Rouge-du-Roc</b>	pop1
pop2	pop3
pop4	pop5
pop6	pop7
pop8	<b>Rouge-du-Roc</b>

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



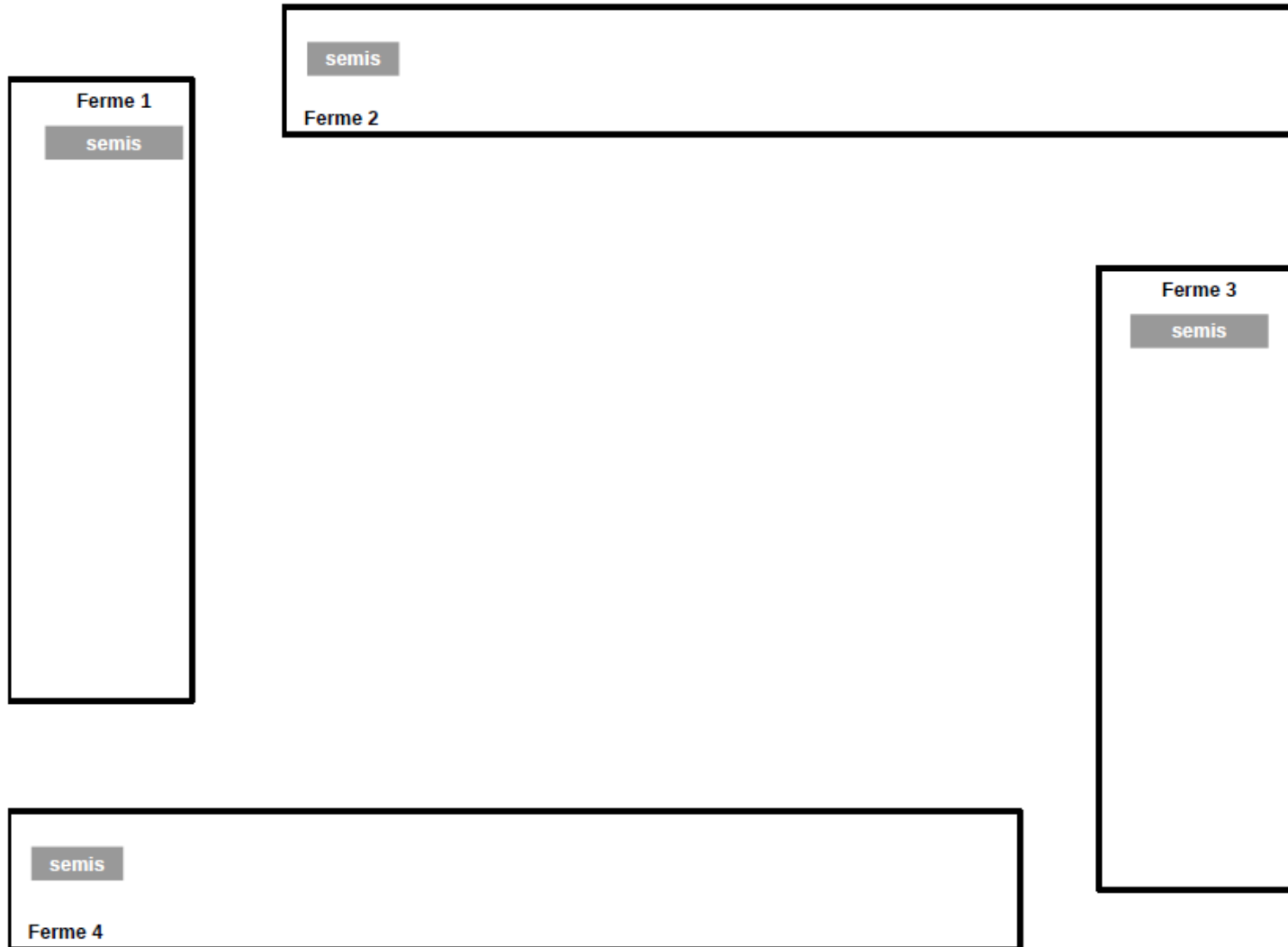
# Dispositif expérimental décentralisé et statistiques Bayésiennes *(Rivière et al. 2015)*

- Modèle hiérarchique Bayésien:
  - Sur une ferme, modélisation de la valeur de la pop  $i$ , dans la parcelle  $k$  sur la ferme  $j$ :

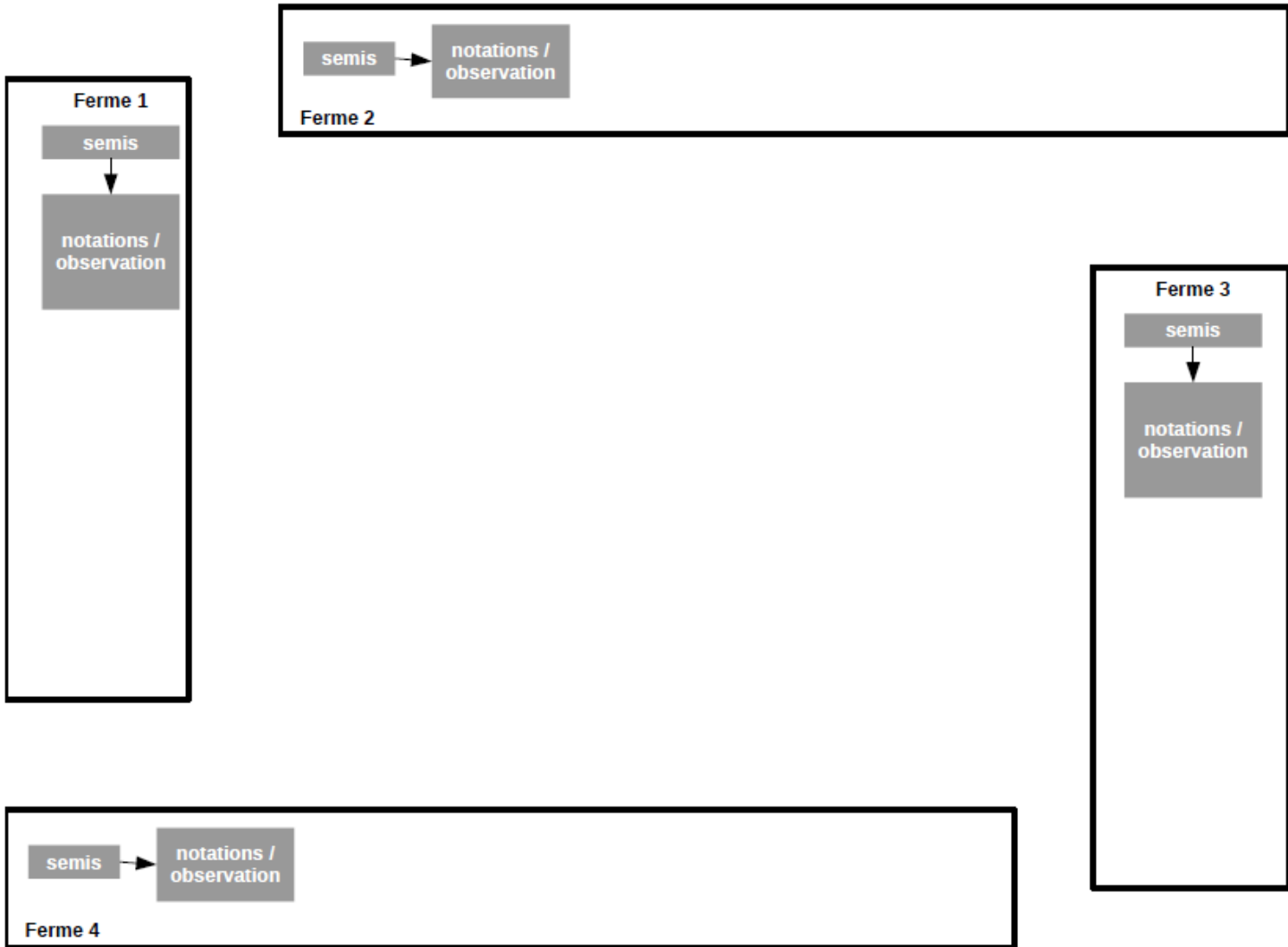
$$Y_{ijk} = \mu_{ij} + \beta_{jk} + \varepsilon_{ijk} ; \varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2 \textcolor{red}{j})$$

- Avec modélisation hiérarchique de la variance résiduelle intra-ferme:  $\sigma^2 \textcolor{red}{j} \sim \frac{1}{\text{Gamma}(\nu, \rho)}$
- 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





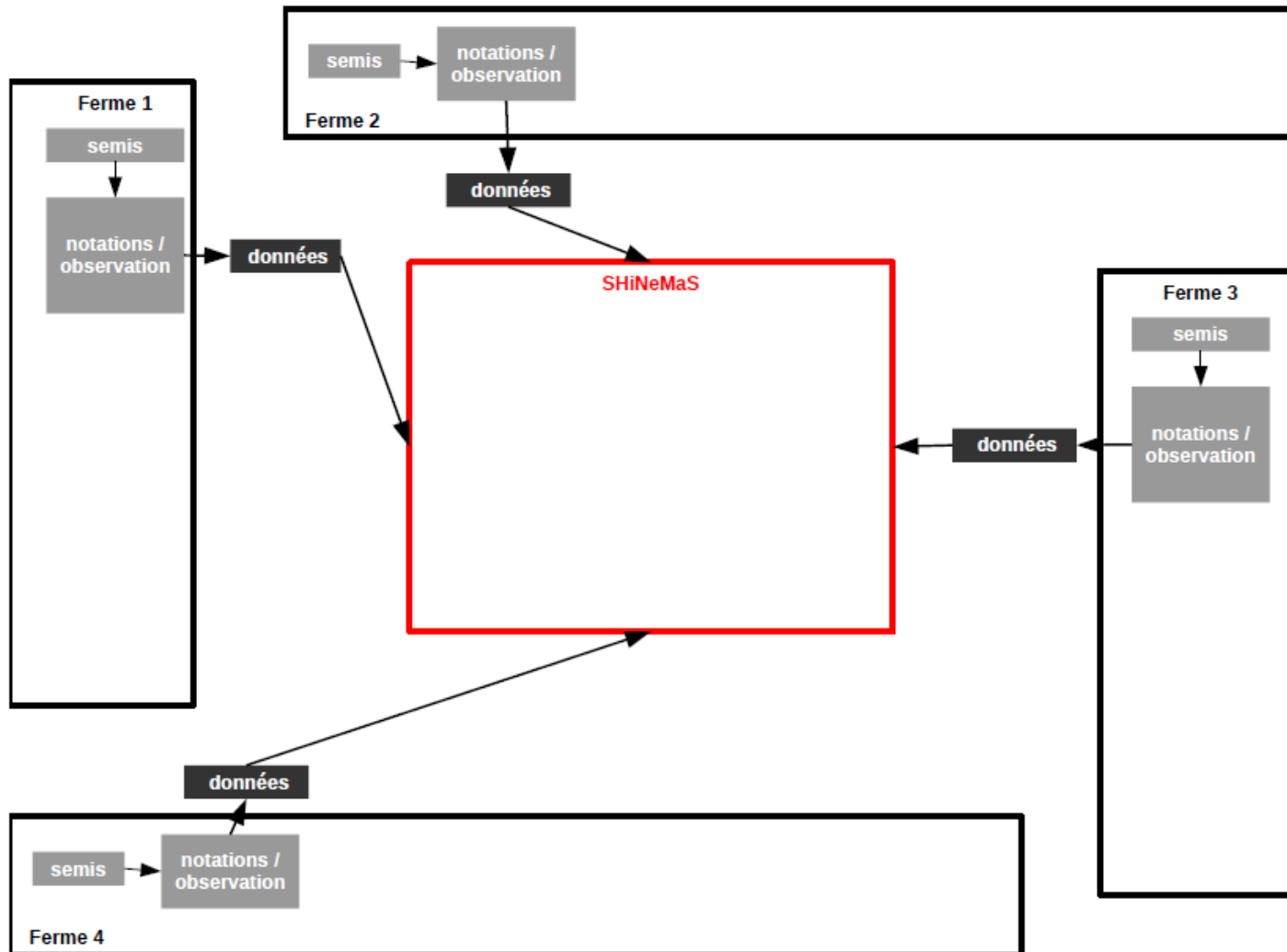
Quelles observations au champ ?  
Elaboration des fiches de notations

- 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 croisé	50	blanc	50	5	barbus	50	50	blablabla
				intermediaire	15	intermediaire	20		intermediaire	5	□ piétin	
				croisé	35	rouge	30		nonbarbus	45	verse	
<p>Rappel hiver : date : 10/04/11, globale= 2, reprise=3, densité= 300 à 400, Port au tallage : intermédiaire, Attitude des feuilles : horizontale</p> <p>Commentaires hiver : belle population mais levée hétérogène</p> <p>Rappel printemps : date : 10/04/11, globale= 2, reprise=3, densité= 300 à 400, Port au tallage : intermédiaire, Attitude des feuilles : horizontale</p> <p>Commentaires printemps : belle population mais levée hétérogène</p>												

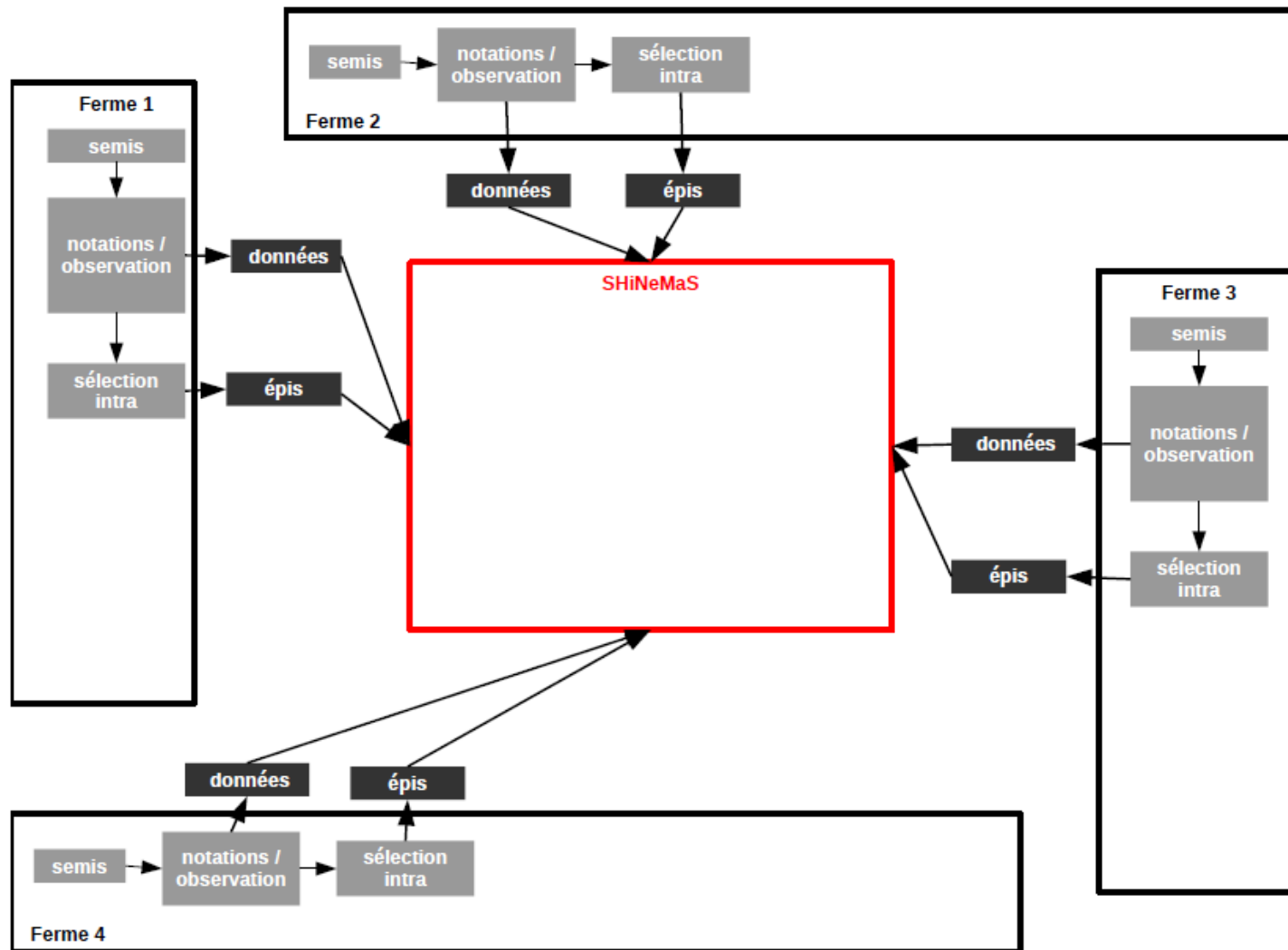
# Organisation au cours des saisons



# Sélection au sein des populations

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

# Organisation au cours des saisons





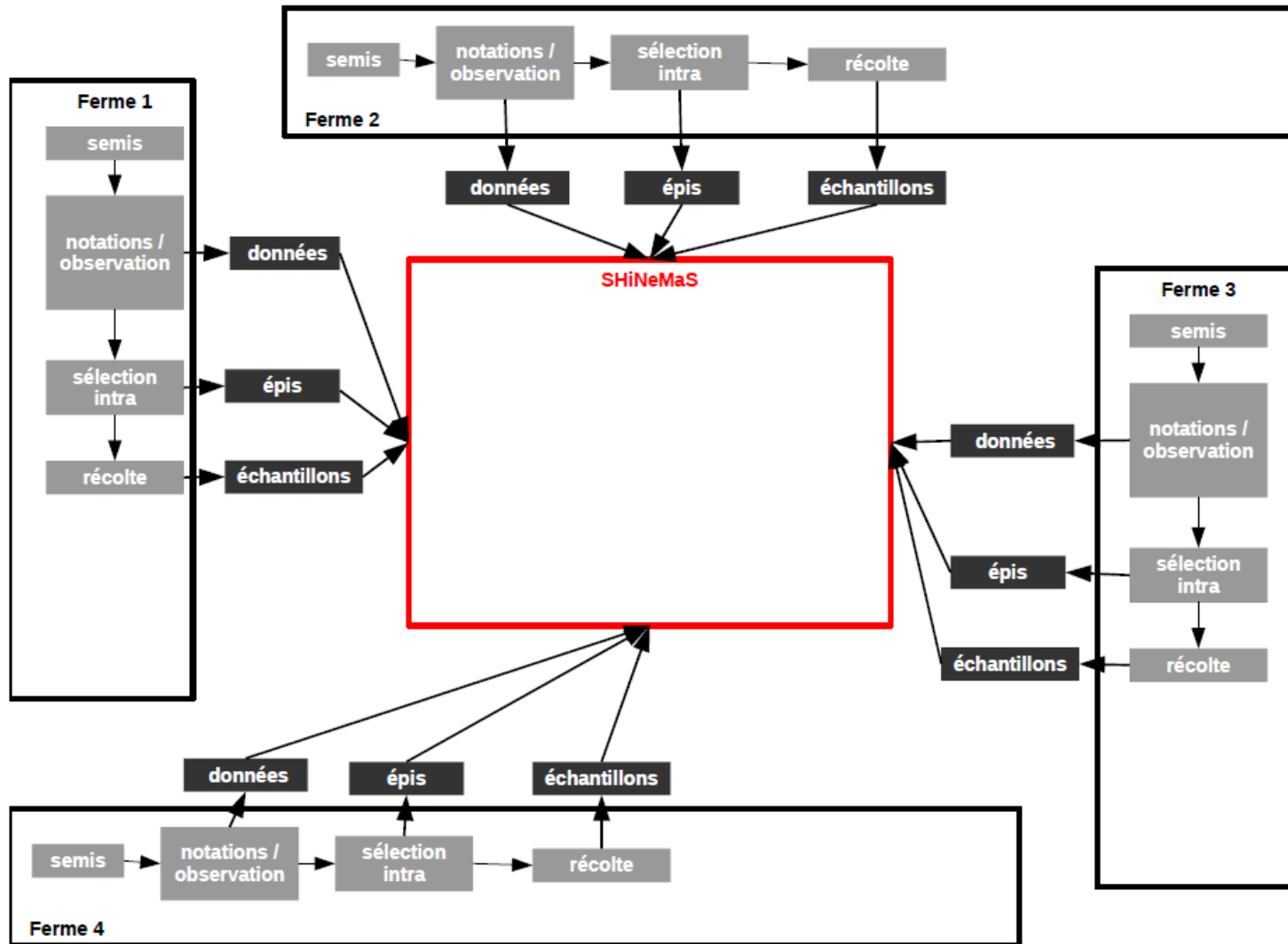
# Echanges lors des visites

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

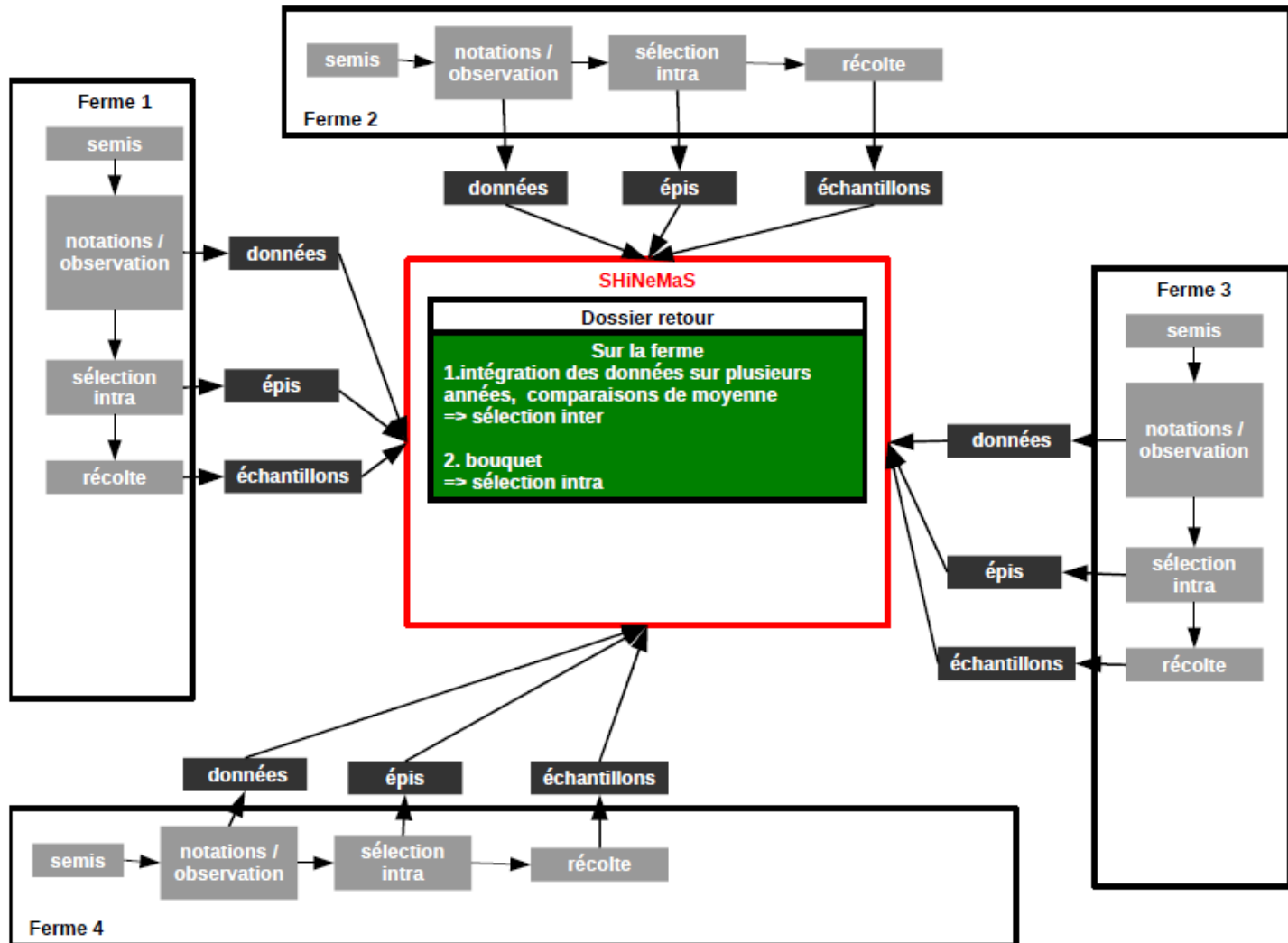
Communication discussion sur la sélection (utilisation d'un jeu de sélection)



# Organisation au cours des saisons

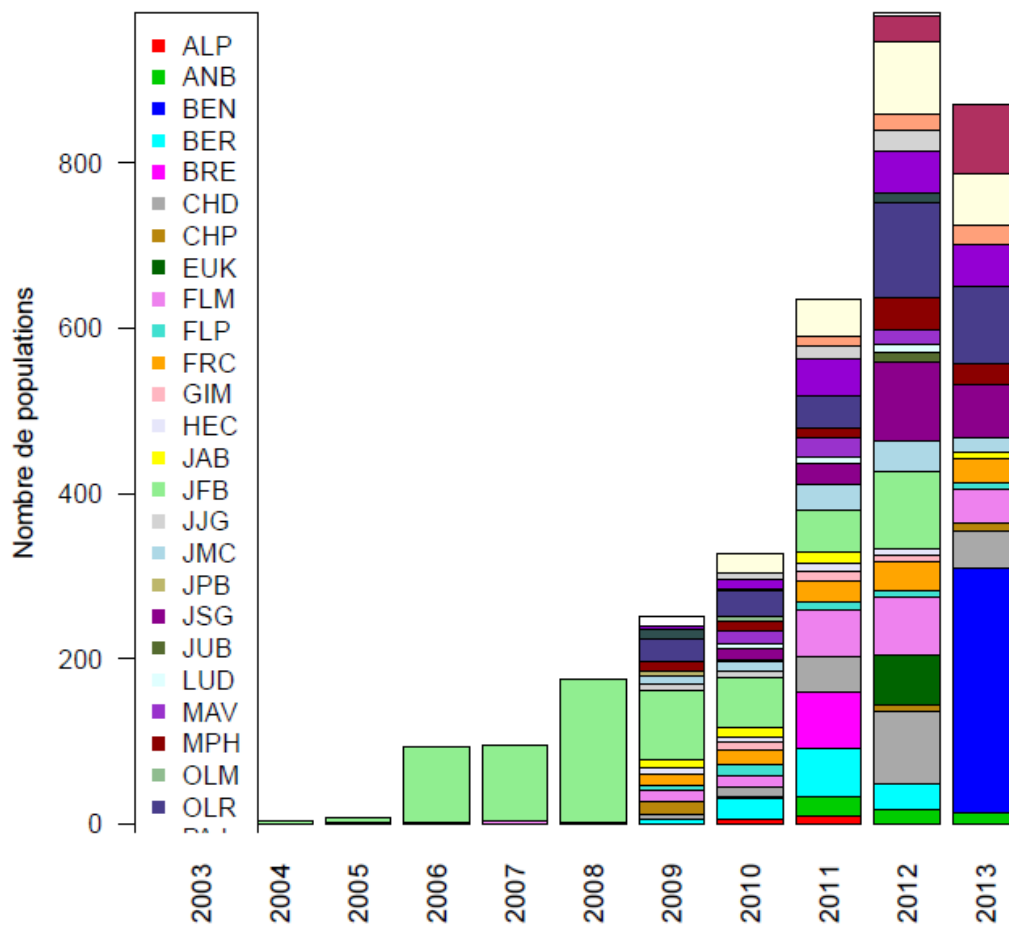


# Organisation au cours des saisons



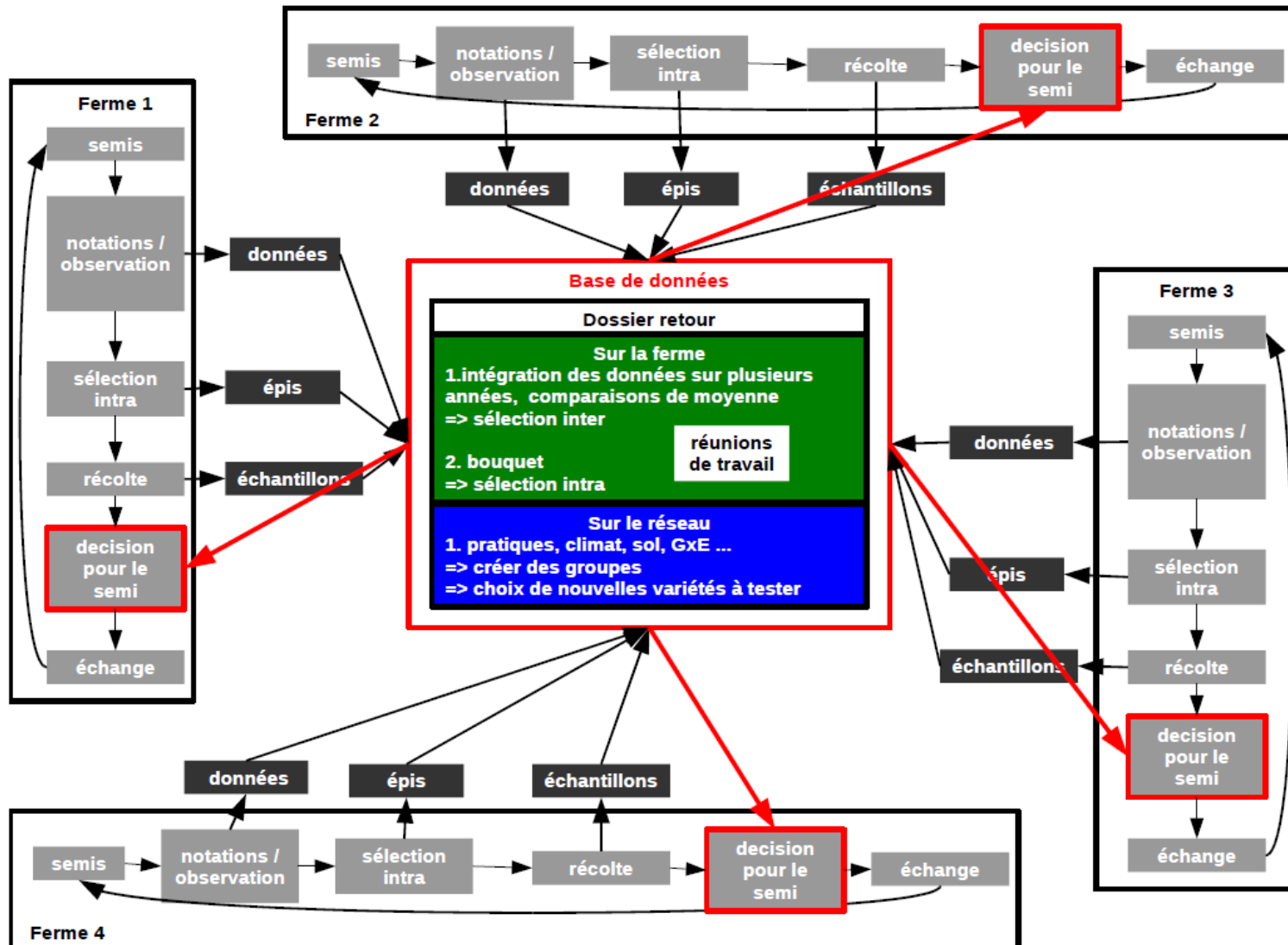
## Nombre de populations observées sur les fermes

**multiplication recolte**





# Organisation au cours des saisons



# Pratiques de sélection / gestion paysanne

- 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

- De nouvelles variétés populations adoptées par les paysans





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



La variété issue de sélection participative **Japhabelle**

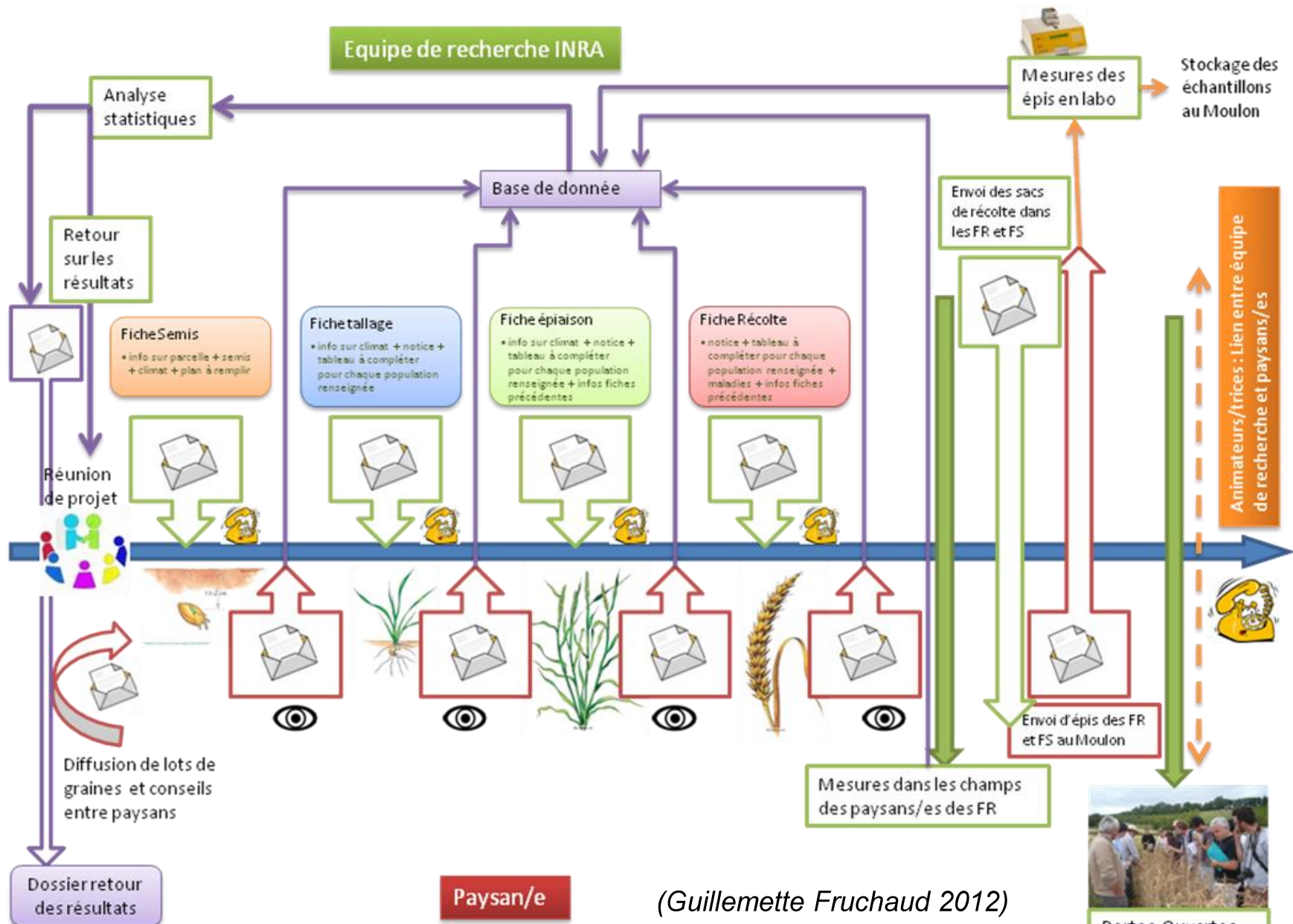


# Des innovations collectives fortes

- De nouvelles variétés populations adoptées par les paysans
- 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

- De nouvelles variétés populations adoptées par les paysans
- 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

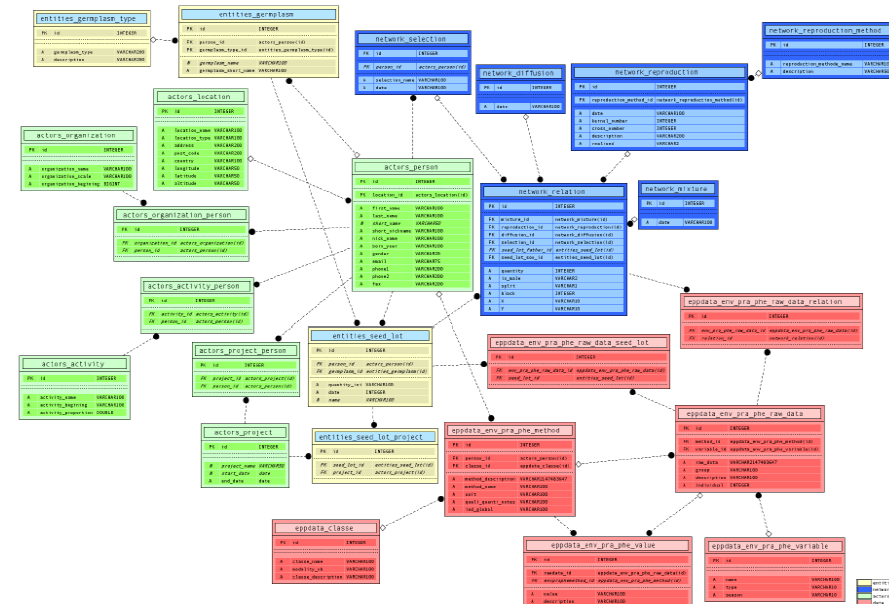
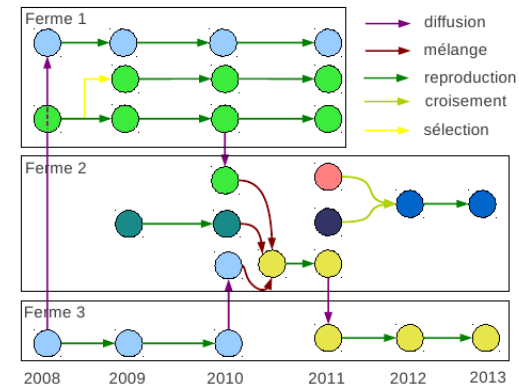


# Une base de données adaptée au programme de SP

- 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

- De nouvelles variétés populations adoptées par les paysans
- 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 Évolution et Adaptation des Populations, Ferme du Moulon,  
91190 Gif-sur-Yvette, France.  
Site internet : <http://moulon.inra.fr/index.php/fr/equipes/deap>  
contact : [pierre.riviere@moulon.inra.fr](mailto:pierre.riviere@moulon.inra.fr) ; [isabelle.goldringer@moulon.inra.fr](mailto:isabelle.goldringer@moulon.inra.fr)  
[nathalie.galic@moulon.inra.fr](mailto:nathalie.galic@moulon.inra.fr) ; [jovanne@moulon.inra.fr](mailto:jovanne@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](mailto:patrick@semencespaysannes.org)

Août 2012



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



# Conclusion

- La sélection participative: une opportunité pour répondre aux besoins variétaux multiples et diversifiés de l'Agroécologie ?
- Des leviers pour accompagner la transition
  - 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.
  - Elargir les partenariats entre les organisations d'agriculteurs, la recherche, les organismes de conseil et instituts techniques (ex: ITAB)





**Sophie Pin, Nathalie Galic, Yannick de Oliveira, Jérôme Enjalbert, Mathieu Thomas, Gaëlle 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***

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

**Merci de votre attention !**

