

Séminaire de restitution



23-24 mars 2015

Paris

ITAB-RSP-INRA

Marqueurs moléculaires, diversité génétique et sélection participative

Grant agreement
FP7 KBBE 245058



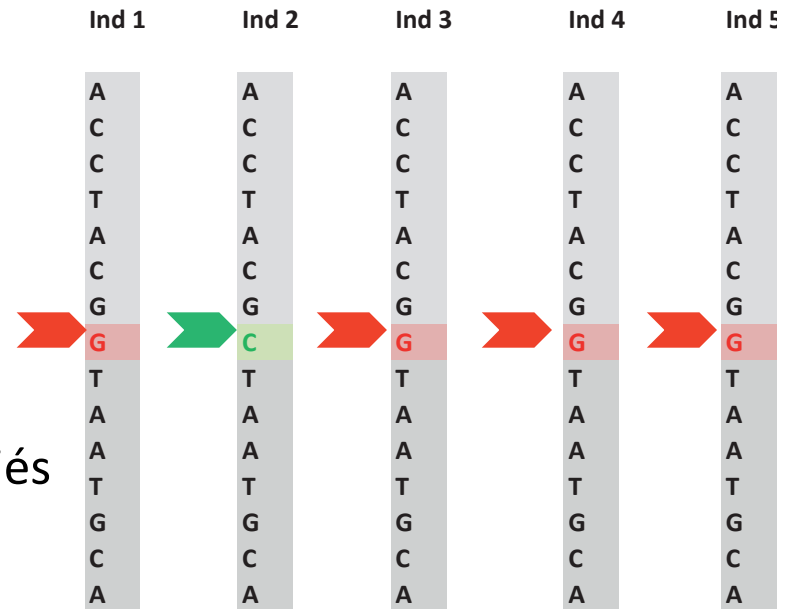
WP2: Utiliser les marqueurs moléculaires pour caractériser l'évolution de la diversité génétique et la gérer en sélection

- On utilise les marqueurs moléculaires pour décrire la diversité des populations étudiées et pour analyser l'évolution de ces populations. Par exemple, on étudie:
 - ⇒ Quelle est la structure de la diversité génétique au sein des variétés locales ou paysannes,
 - ⇒ Comment la diversité est maintenue au cours des processus de sélection,
 - ⇒ Comment la diversité est mobilisée pour permettre aux populations de répondre à la sélection.



Marqueurs moléculaires

- **Marqueurs de l'ADN** = sites dans le génome qui présentent une variation de séquence d'un individu à l'autre.
- Exemple: changement d'une base ou insertion ou délétion de quelques bases
- SNP= Single Nucleotide Polymorphism
- **Marqueurs « neutres »** = localisés dans une zone non codante (qui ne sera pas transcrite et traduite en protéine).
- Cette zone peut cependant influencer la régulation de l'expression d'autres gènes.
- **Marqueurs** localisés dans **des gènes** associés la variation de caractères
- [Marqueurs épigénétique]

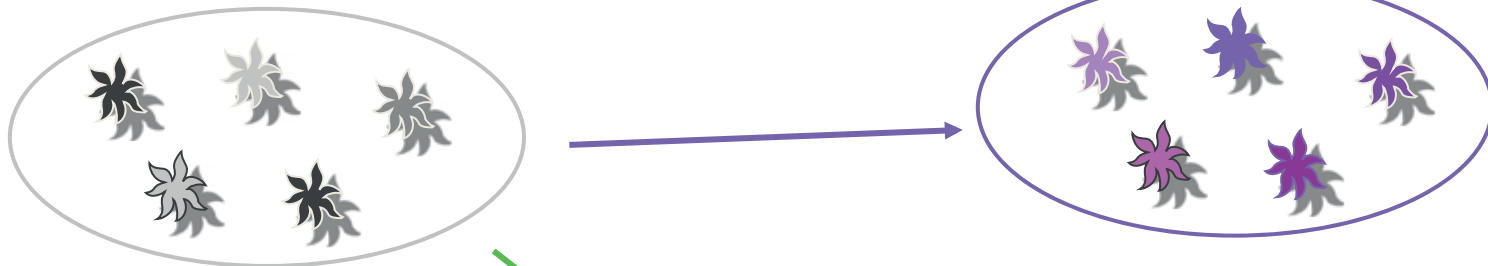


=> *Des marqueurs neutres répartis sur l'ensemble des chromosomes renseignent sur la diversité et le comportement global du génome et donc sur l'histoire des populations étudiées.*



Etude de la diversité: Principes

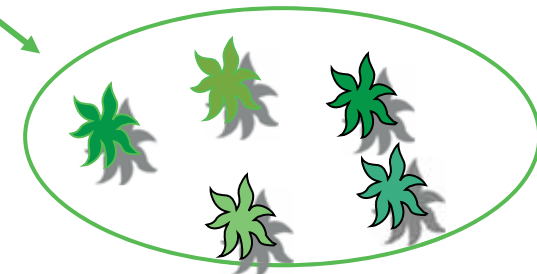
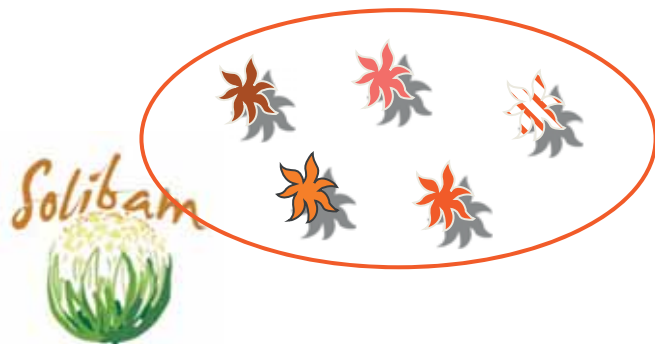
Population initiale



⇒ Différentes méthodes de sélection

⇒ Différents environnements

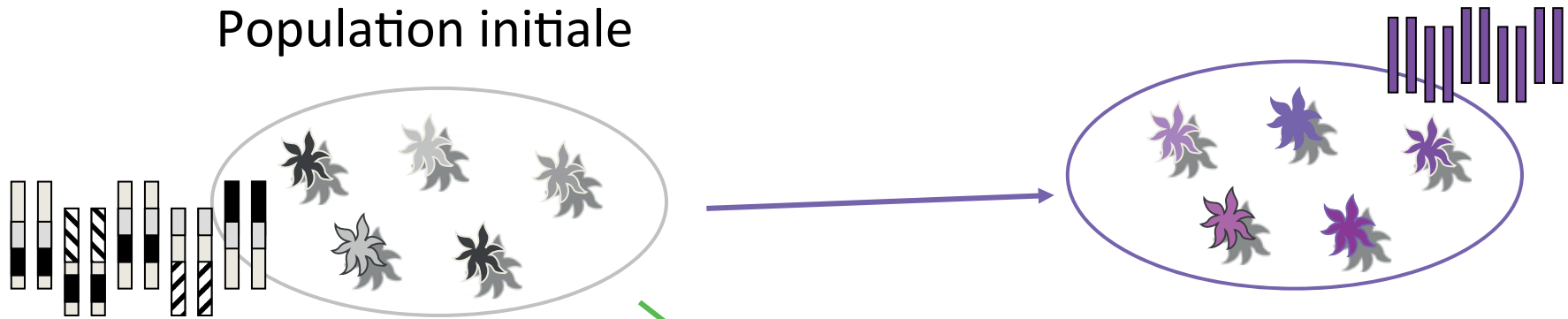
⇒ Différents pratiques agronomiques



Populations finales

Etude de la diversité: Principes

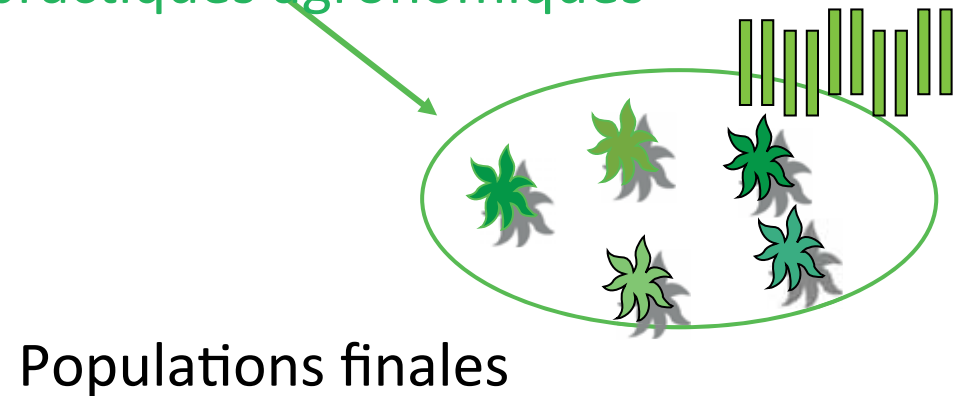
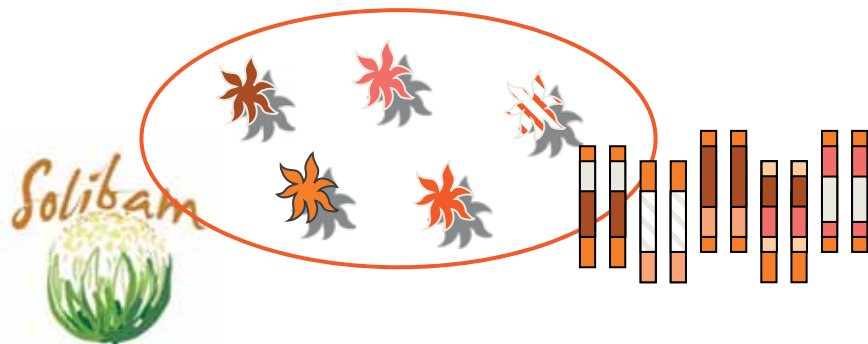
Population initiale



⇒ Différentes méthodes de sélection

⇒ Différents environnements

⇒ Différents pratiques agronomiques



WP6: Gestion et sélection participative

- La sélection / gestion participative associe les connaissances des praticiens (paysans, meuniers, boulangers, pastiers...) et des chercheurs et expérimente sur les fermes pour développer des variétés – populations adaptées aux conditions locales, aux pratiques paysannes et aux débouchés.

Espèces travaillées:

Blé dur, blé tendre, maïs, orge, tomate, chou, haricot, fonio, niébé



Structure de la diversité de variétés de pays

Variétés locales Portugaises de haricot (*Phaseolus vulgaris*)

Susana T. Leitão, Marco Dinis, Zlatko Satovic and Maria Carlota Vaz Patto

Objectif:

Etudier la diversité génétique des variétés de pays de haricot pour la valoriser en sélection

Variétés étudiées

- 89 variétés locales Portugaises (6 à 10 individus / variété).

Semences issues des collections de l'ESAC et de l'INIAV et d'une collecte chez les paysans Portugais => variétés adaptées aux conditions locales et aux préférences en termes de qualité.

- 19 populations Américaines, populations sauvages et variétés commerciales issues de la banque de graines du CIAT représentatives des centres de domestication Mesoaméricain et Andean.

Méthode:

- 22 marqueurs génétiques neutres et un marqueur du type de phaseoline.



Variétés locales Portugaises de haricot

Analyse de la structure

Resultats:

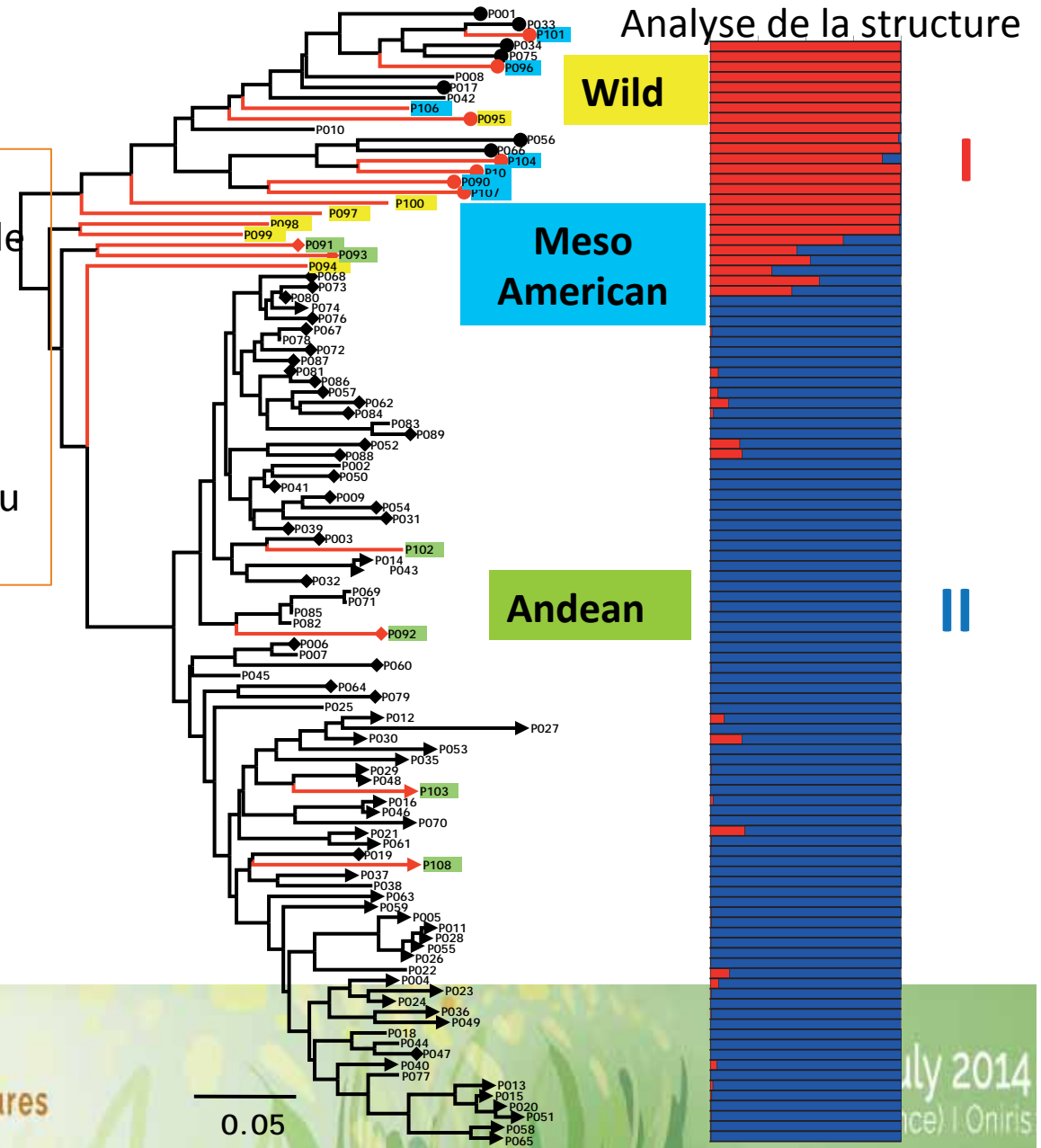
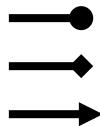
- Forte homogénéité intra-variété de pays / grande diversité entre les variétés locales Portugaises
- Variétés Portugaises reliées aux 2 centres d'origines mais + proches du pool Andean.

Origine:

Portugaise —

Americaine —

Phaseoline types:



INTERNATIONAL CONGRESS
Diversity strategies
for organic and low input agricultures
and their food systems

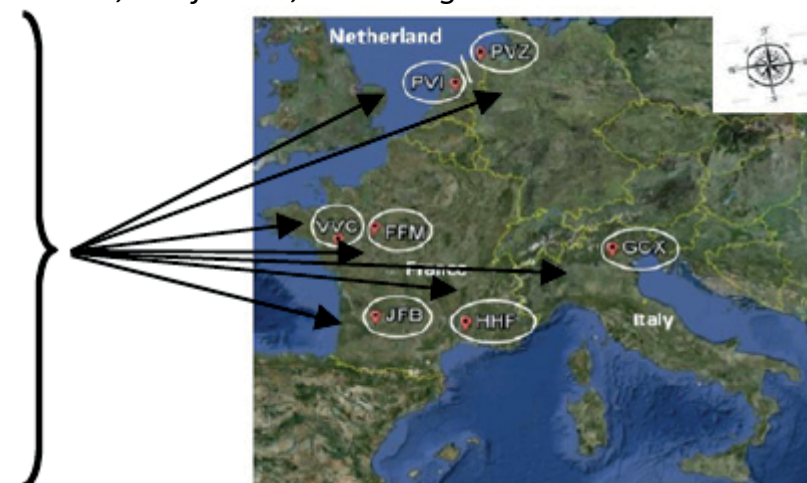
July 2014
Ornis

Structure de la diversité de variétés paysannes et réponse à des changements d'environnement

Exemple de variétés paysannes de Blé tendre

INRA Le Moulon, France: AR Khan, M Thomas, J Enjalbert, I Goldringer

Type de variété	Variété
Variété moderne	- Renan
Variété de pays conservée ex situ	- Haute-Loire - Piavé
Variété de pays / variété historique conservée à la ferme	- Rouge de Bordeaux - Solina d'Abruzzo
Mélange paysan cultivé à la ferme	- Zonne Hoeve - Redon - Touselles



- 2 variétés de pays issues de conservation *ex situ* en banque de graines depuis moins de 5 ans : 'Haute Loire' ('HL') et 'Piave' ('PI');
- 2 variétés de pays ou variété historique (1880) cultivées continuellement à la ferme : 'Solina d'Abruzzo' ('SO') et 'Rouge de Bordeaux' ('RB');
- 2 mélanges paysans de variétés de pays issues de conservation *ex situ* en banque de graines : 'Redon' ('RD') et 'Touselles' ('TO'), mais cultivés pendant 5 à 10 ans à la ferme ;
- 1 mélange paysan de 2 variétés récentes (années 90) cultivé continuellement à la ferme pendant dix ans : 'Zonnehoeve' ('ZH');
- 1 variété moderne Française: 'Renan' ('RN'). Voir Dawson et al. (2012a & b) pour plus de détails.

Echantillons initiaux G0 des 8 variétés distribués et cultivés sur 7 fermes de 2006-2007 à 2008-2009.

En 2011: 56 populations x ~ 30 individus ont été génotypés avec **45 marqueurs neutres** & **48 marqueurs situés dans des gènes** associés à la précocité et la hauteur.



Programme de recherche FP6 FarmSeedOpportunities (2007-2010) – Thèse AR Khan (2013)

Exemple de variétés paysannes de Blé tendre

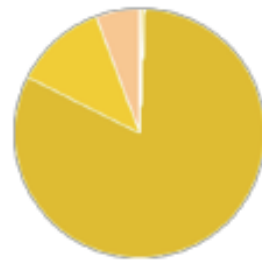
Modern variety & ex situ conserved Landraces



Renan



Haute Loire



Piave

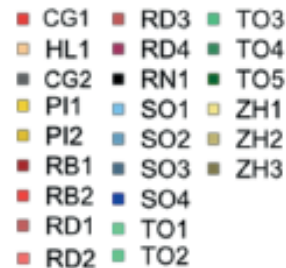
In situ conserved historic variety and landrace



Rouge de Bordeaux



Solina d'Abruzzo



Mixtures



Redon



Mélange de Touselles



Zonnehoeve

Composition génétique des 8 variétés

Les couleurs correspondent aux groupes détectés: 22 groupes ~ spécifiques d'une variété, 2 groupes partagés.



Exemple de variétés paysannes de Blé tendre

Différences phénotypiques entre populations cultivées pendant 3 générations sur les fermes italiennes, hollandaises, italiennes.

Heading Date (Degree Days)										
	HL	PI	RB	RD	RN	SO	TO	ZH		
INI	1250 b	666.7 c	1055 c	1353 a	1194 a	1229 abc	1242 ab	1284 a		
FFM	1236 b	804.9 abc	1100 abc	1355 a	1187 a	1227 bc	1252 ab	1296 a		
GCX	1261 ab	765.2 bcd	1201 a	1302 ab	1184 ab	1215 bc	1216 ab	1206 b		
HHF	1254 b	718 cd	1173 ab	1255 b	1179 ab	1249 ab	1173 b	1268 a		
JFB	NA	754.1 bcd	1164 ab	NA	NA	1203 c	NA	NA		
PVI	1242 b	901.1 ab	1120 abc	1319 a	1139 b	1208 bc	1280 ab	1301 a		
PVZ	1285 a	NA	NA	1323 a	NA	1268 a	NA	NA		
VVC	1266 ab	918.2 a	1100 bc	1329 a	1166 ab	1217 bc	1296 a	1294 a		
Plant Height (cm)										
	HL	PI	RB	RD	RN	SO	TO	ZH		
INI	119.8 b	70.34 c	120 ab	193.1 a	69.97 b	121.2 b	137.7 ab	97.73 a		
FFM	116.2 b	75.18 c	120.5 ab	129.2 a	71.45 ab	119.1 b	126.4 b	91.32 b		
GCX	130.7 a	77.46 bc	124.7 ab	126.6 a	69.96 b	123.1 ab	134.5 ab	94.21 ab		
HHF	128.2 a	75.17 c	130.4 a	124.5 a	75.7 a	130.8 a	128.2 b	97.48 ab		
JFB	NA	75.43 bc	124.5 ab	NA	NA	123.1 ab	NA	NA		
PVI	123.4 ab	91.94 a	121.8 ab	136.5 a	72.79 ab	125.7 ab	144.8 a	96.52 ab		
PVZ	124.9 ab	NA	NA	131.8 a	NA	124.2 ab	NA	NA		
VVC	126.6 ab	87.63 ab	117.8 b	185.7 a	75.41 a	120.6 b	137 ab	98.38 a		



Exemple de variétés paysannes de Blé tendre

- HL => différenciation phénotypique mais seulement 2 gènes sous sélection, pas d'association mk-phénotype => mécanismes épigénétiques?
- PI => différenciation phénotypique, nombreux gènes sous sélection, plusieurs gènes associés à la variation phénotypique

Variety	Pop	DA PC Group significance	CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	CA6	CA7	CA8	CA9	CA10	CA11	CA12	CA13	CA14	CA15	CA16	CA17	CA18	CA34	CA19	CA20	CA21	CA22	CA23	CA24	CA25	CA26	CA27	CA28	CA29	CA30	CA31	CA32	CA33			
			PHYA	VIL2	CO8	SMZ	Vrn1B	Vrn-1B	FT	SMZ	CO1	VIL2	TbGB	CO4	Vrn1B	CO1	LDD-A	TbHd1A	###	CO1	SMZ	SOC1	CO4	ZTL	COA8	FT-A	PPD-A1	PPD-B1	PPD-B1	PPD-D1	TAGW2	VRN-1A	VRN-1D						
Haute-Loire																																							
HL	HLFFM																																						
	HIGC1																																						
	HLHMF																																						
	HLPVI																																						
	HLPVZ								1															0.96							0.95								
	HLVVC									1																													
	No. Of sign. CA		0		0	0	0	0	1	0		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		0	0	0	0	1		0	0	0	0	0	0		
Piave																																							
PI	PIFFM	0.955									1	1					1	0.98					0.98	0.99			0.95		1				0.97		0.99		0.95		
	PIGCK	0.71																																					
	PIHMF	0.71	1				1	1		1							0.96							0.95			0.97												
	PIVFB	0.937																					1							1						0.99			
	PIPVI	0.965									1	1				1	0.97	0.97	0.97					0.96			0.95	1					0.99	1		0.98	0.98		
	PIVVC	0.933						1							1		0.97						0.96				0.98	1					0.99	1			0.97		
	No. Of sign. CA		1		0	0	2	1	0	1		3	2	0		0	2	3	2	2	0	0	2	4	0		4	2	0	2	0	4	2	1	1	1	3		



Exemple de variétés paysannes de Blé tendre

- La gestion dynamique à la ferme permet de maintenir beaucoup plus de diversité au sein des variétés de pays que la conservation *ex situ*
- Les mélanges de variétés (de pays ou plus récentes) maintenus à la ferme permettent une augmentation de la diversité disponible au sein des variétés (recombinaison).
- La différenciation pour des caractères adaptatifs entre populations cultivées dans des environnements contrastés est plus importante pour les variétés génétiquement hétérogènes que pour les lignées pures.
- Toutefois, une certaine évolution est observée pour ces dernières.
- La variation épigénétique pourrait expliquer une part de la différenciation entre populations issues de variétés très homogènes génétiquement.



Structure de la diversité de variétés paysannes et réponse à des changements d'environnement

Exemple de variétés commerciales de brocoli

S Ciancaleoni, V Négri

- Etude des différences de méthylation (épigénétique):
 - 2 variété de brocoli homogènes génétiquement
 - 3-4 environnements contrastés en Italie
 - 2010-2011 et 2011-2012
 -
- Détection d'un niveau élevé de méthylation dans les 2 génotypes
- Mais pas de répétition d'une année sur l'autre
 - 2010-2011: différences entre différents stades de prélèvement
 - 2011-2012: différences entre environnements différents
- *Même si l'épigénétique est certainement un mécanisme qui contribue à l'adaptation, il est instable et plus difficile à mettre en évidence.*



Réponse à la sélection paysanne

Exemple de variétés locales de Maïs conduites dans le programme de sélection participative Portugais

- 2 variétés locales de maïs à pollinisation ouverte: 'Amiúdo' et 'Pigarro'
- Distribuées à des paysans dans 7 environnements au Portugal et cultivées selon leurs pratiques habituelles
- Sélection massale stratifiée pendant 1 à 3 ans
- Rencontres entre paysans et équipes de recherche de l'ESAC et ITQB.
- Critères de sélection = caractères de qualité (flaveur, valeur nutritionnelle,...), résistance aux maladies et bioagresseurs et stabilité dans des conditions variables
- Objectif: amélioration + maintien de la diversité
- Evaluation en 5 lieux en 2013

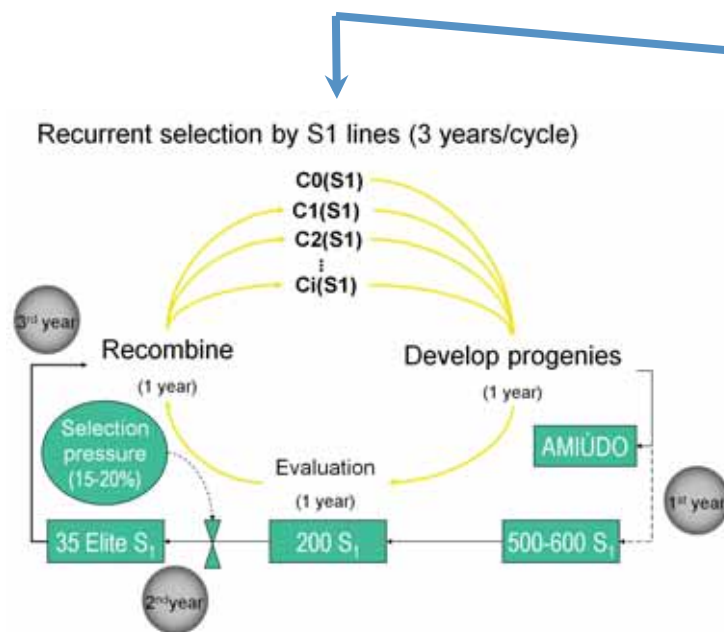


Exemple de variétés locales de Maïs conduites dans le programme de sélection participative Portugais

ML Alves, C Brites, M Paulo, G Spencer, P Mendes-Moreira, S Pego, Z Satovic and MC Vaz Patto

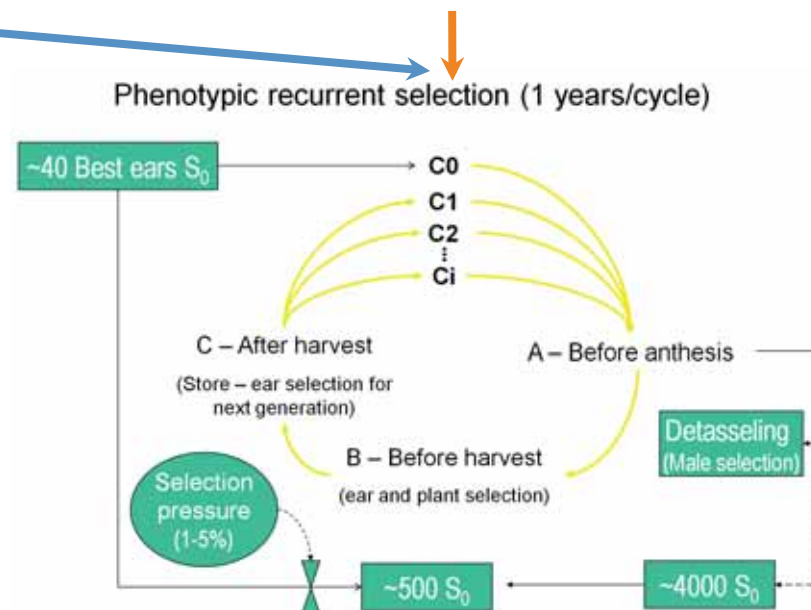
Objectif: Etudier l'effet de la sélection sur la diversité génétique dans les variétés populations "Amiúdo" et "Castro Verde"

"Amiúdo"



- Population initiale -1984 [C0-84]
- 4th cycle de **sélection récurrente sur S1** [C4(S1)-97]
- 19th cycle de **sélection massale** [C19-03]
- 25th cycle de **sélection massale** [C25-09]

"Castro Verde"



- Initial population from 1994 [C0-94]
- 10th cycle of **mass selection** [C10-04]
- 15th cycle of **mass selection** [C15-09]

Réponse à la sélection paysanne

Exemple du programme de sélection participative sur Blé tendre en France

P Rivière, I Goldringer, N Galic, S Pin, RSP

- Projet collaboratif entre l'Inra du Moulon et le groupe blé RSP
- Début en 2005 avec 90 croisements entre variétés de pays, variétés historiques / anciennes et variétés plus récentes (AB)
- 2008 : distribution des F3 sur les fermes
- 2008 => 2015 : populations cultivées chaque année sur une plusieurs fermes.
- Sélection paysanne entre populations et massale au sein des populations



Exemple du programme de sélection participative sur Blé tendre en France

Evaluation phénotypique et de la diversité génétique en 2012-2013:

=> Tester l'effet de 3 factors sur la réponse des populations :

-Le type de croisement initial (VPxVP, VPxVA, VAxVA, VAxVM, VPxVM)

- la sélection massale intra-population

- l'effet des environnements x pratiques où les populations ont été cultivées / sélectionnées.



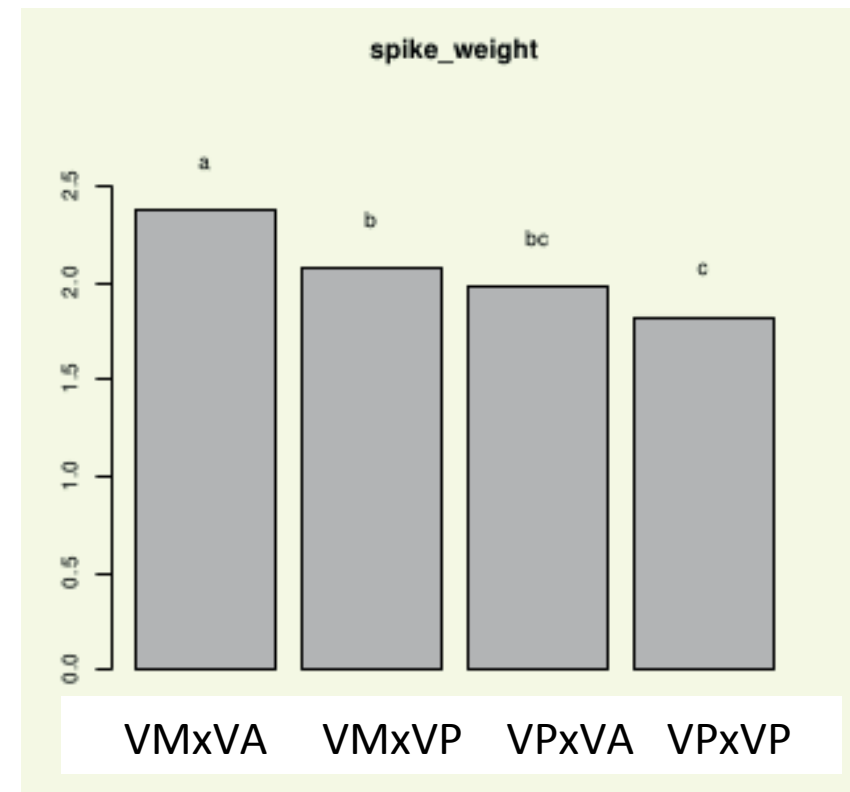
Exemple du programme de sélection participative sur Blé tendre en France

- **Evaluation phénotypique :**
 - 104 pops issues de 25 croisements + parents
 - Evaluées sur sur 3 fermes
- **Caractérisation de la diversité génétique:**
 - 49 pops issues de 12 croisements + parents
 - 15 à 25 individus / pop
 - Génotype à 48 marqueurs génétiques neutres



Exemple du programme de sélection participative sur Blé tendre en France

- **Au niveau phénotypique :**
 - Différences entre types de croisement seulement pour le poids de l'épi et la courbe
 - Les croisements avec des variétés récentes tendent à avoir de plus gros épis
 - Un croisement VPxVA de même niveau
 - VPxVM sont les + diversifiés



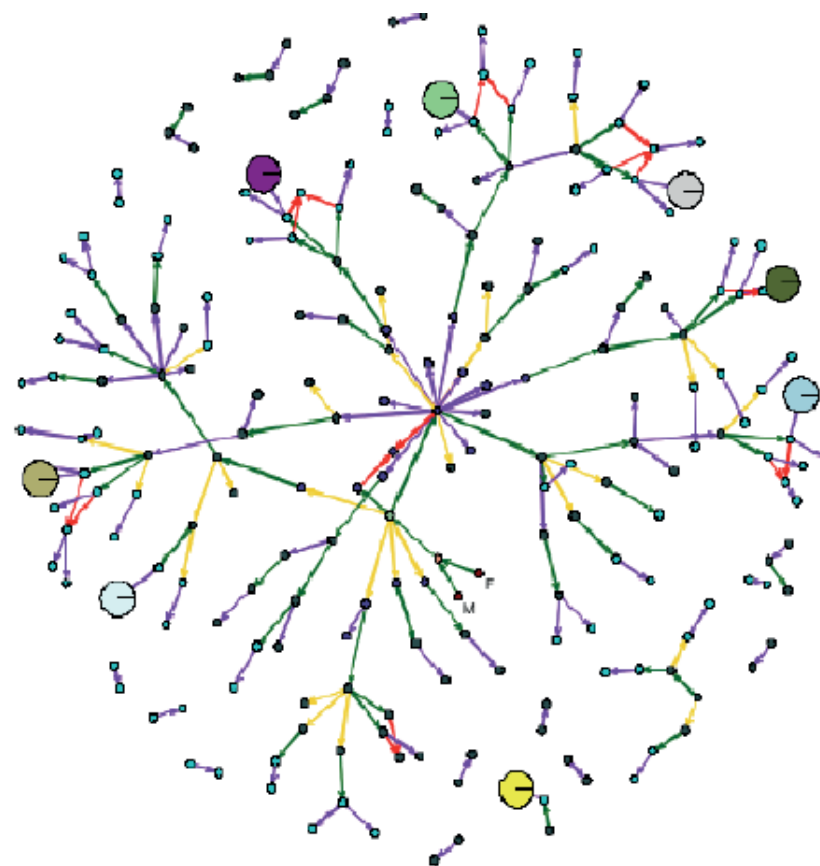
Exemple du programme de sélection participative sur Blé tendre en France

- **Au niveau génétique:**
- Les parents correspondent à des groupes génétiques bien distincts
- Répartition de la diversité génétique:
 - Entre types de croisement = 12% (ns)
 - Entre croisements = 27% (***)
 - Entre populations = 13% (***) => divergence entre populations
 - Intra-population = 48% => maintien de la diversité



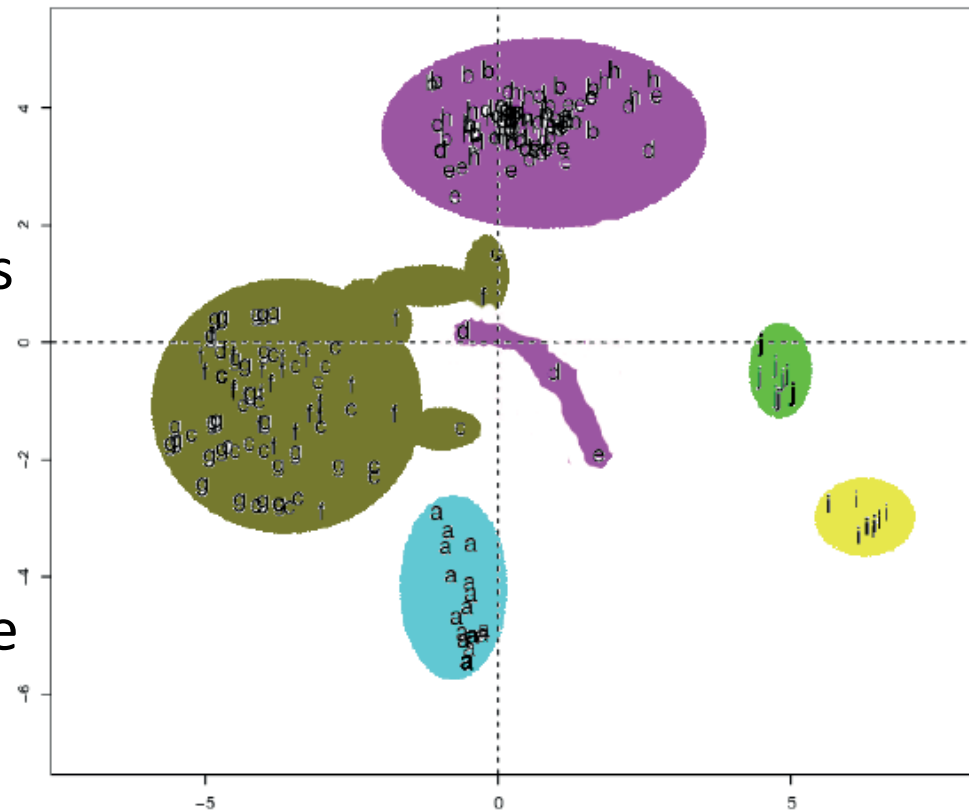
Exemple du programme de sélection participative sur Blé tendre en France

- Diversité génétique au sein d'un croisement (C21):
 - 8 populations étudiées



Exemple du programme de sélection participative sur Blé tendre en France

- Parents clairement distincts
- Forte différenciation entre populations
- Trois groupes de populations regroupées en fonction de leur histoire de sélection
- Diversité génétique intra-population maintenue sauf pour une population issue de sélection massale forte



a. Blé-des-Hautes-Pyrénées_BRE
b. C21#b_JFB_F?(?)
c. C21_BRE_F5
d. C21_CHD_F6

e. C21_FRC_F6
f. C21_JSG_F5
g. C21_OLR_F3
h. C21_RAB_F6
i. C21#Sb-sélec-R10_JFB_F6(2)
j. Pollux_CLF

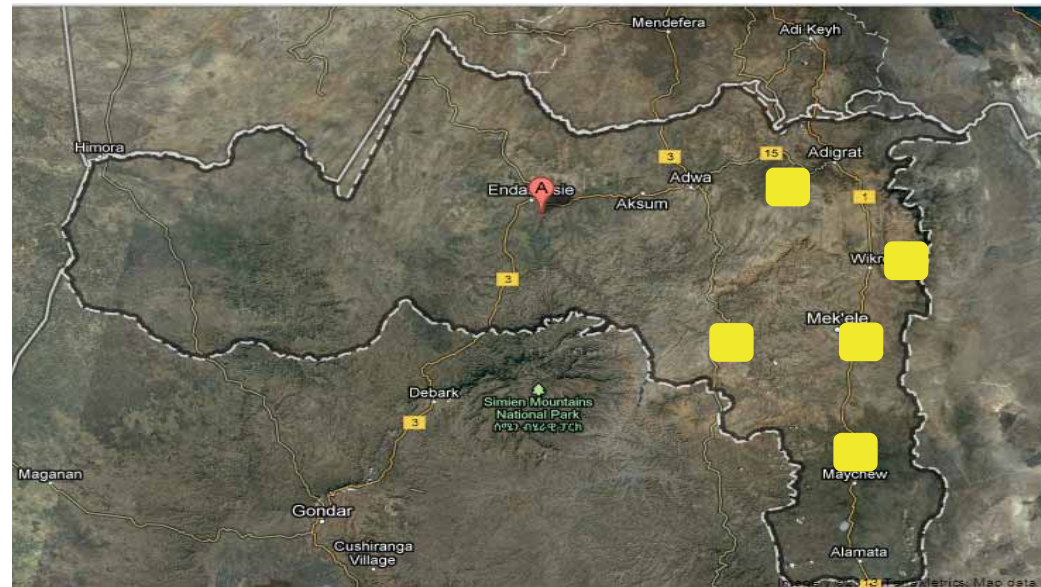


Gérer des populations hétérogènes

Les populations évolutives d'orges à Tigray

S Ceccarelli & F Abay

1. La population évolutive est un mélange de 798 F₂ (croisements entre variétés de pays Ethiopiennes)
2. Semé en 2012 en 5 lieux



Les populations évolutives d'orges à Tigray



Les populations évolutives d'orges à Tigray

1. La population évolutive est un mélange de 798 F_2 (croisements entre variétés de pays Ethiopiennes)
2. Semé en 2012 en 5 lieux
3. En 2013, les semences récoltées dans chaque site sont resemées
4. En 2013 une sélection massale (160 spikes) a été effectuée dans 4 des 5 sites par les paysans impliqués dans le programme de sélection participative



Les populations évolutives d'orges à Tigray



1. En 2013, les semences récoltées dans chaque site sont resemées



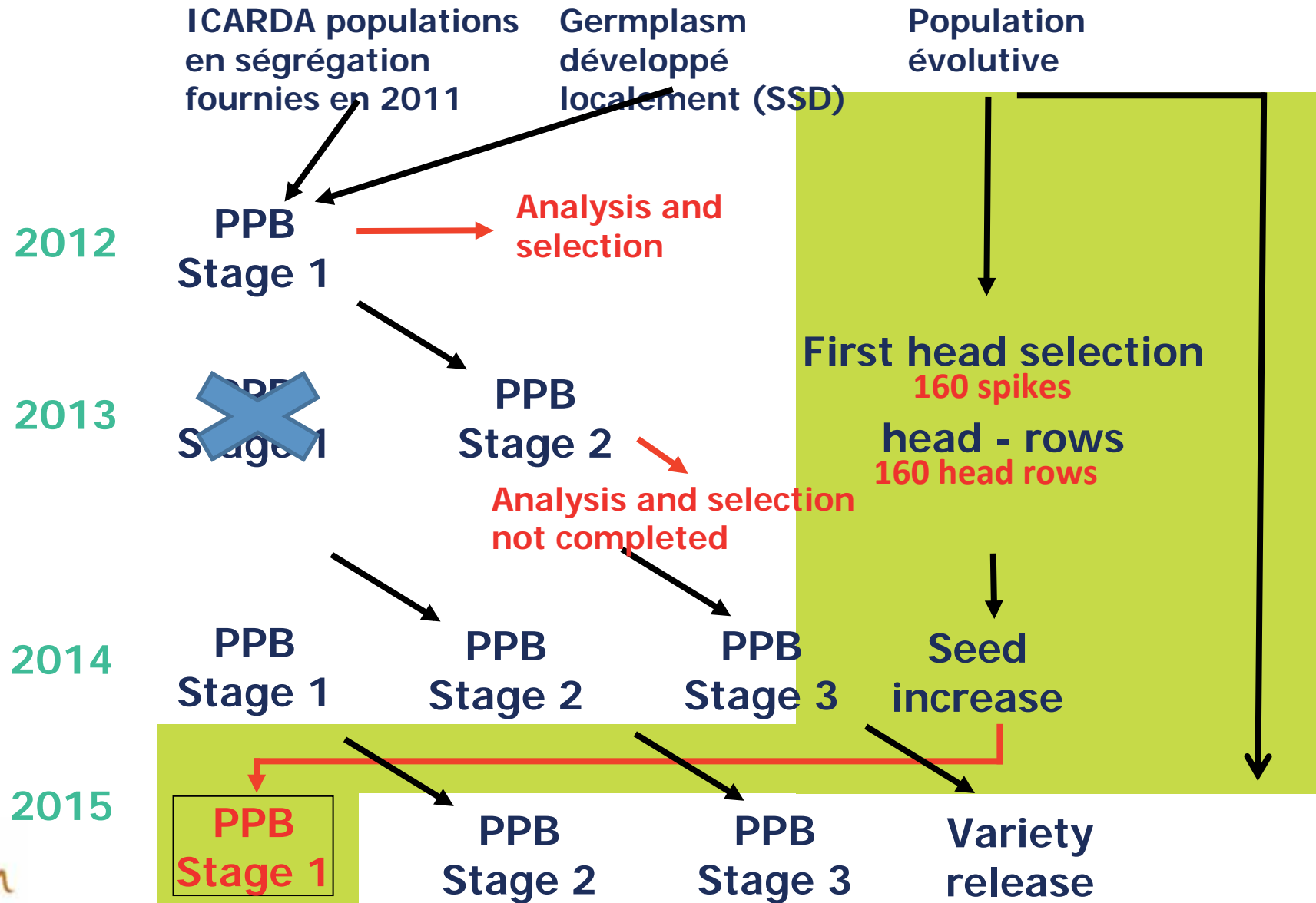
En 2013, une sélection massale (160 spikes) est effectuée dans 4 des 5 sites par les paysans impliqués dans le programme de sélection participative

Les populations évolutives d'orges à Tigray

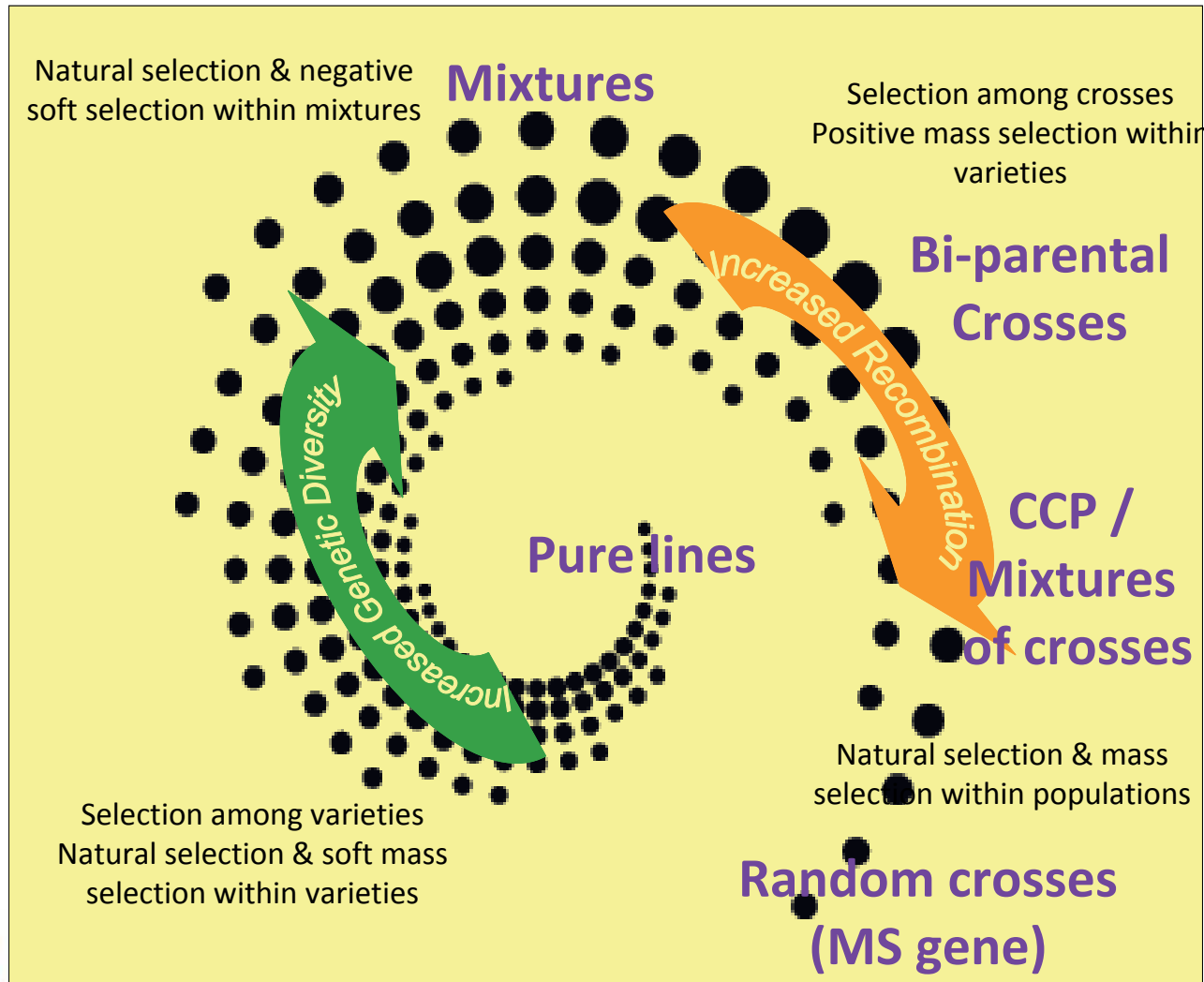
La population
évolutive à 2400 m
d'altitude à Tigray,
Ethiopie



Origines du germplasm



Conclusion



Les paysans cultivent et sélectionnent toute une gamme de populations génétiquement hétérogènes

=> Les approches de gestion à la ferme travaillées dans SOLIBAM sont très variées incluant des approches basées sur des organisations sociales

(E Serpolay)



Conclusion

- Quelques résultats forts
 - La sélection / gestion participative fait partie de la gestion dynamique des ressources génétiques, elle permet de maintenir la diversité génétique intra-population et de développer la diversité entre variétés / populations
 - Des groupes de paysans auto-organisés sont de nouveaux acteurs pertinents de l'agro-biodiversité
 - Toutes les stratégies étudiées valorisent au mieux la diversité génétique initiale pour obtenir des réponses rapides à des conditions agro-climatiques et des pratiques variées.
 - Une gamme de stratégies de sélection impliquant sélectionneurs, paysans et autres acteurs est une clé pour répondre aux besoins multiples de l'agriculture biologique et de l'agroécologie.





Merci pour votre attention

Blés, ferme Florent Mercier, 2011



PCA based on 13 traits for all varieties after 2 generations (*Dawson et al 2012*)

