



Séminaire du Centre d'Alembert

Centre Interdisciplinaire d'Étude de l'Évolution des Idées, des Sciences et des Techniques

13 novembre 2018

Université Paris-Sud/Paris-Saclay, Orsay

La sélection dans tous ses états : fonctions, processus, conséquences

La sélection semble partout, dans la nature comme dans la société. Elle est souvent présentée comme l'outil idéal pour obtenir la meilleure adéquation entre souhaits et possibilités, besoins et ressources. C'est par la sélection qu'émergerait l'excellence. Est-ce le mode de fonctionnement optimisé de toutes les organisations ou un mode de gestion en situation de pénurie ? S'agit-il d'un processus rationnel pour obtenir des résultats interprétables ou d'une contingence ayant modelé l'évolution des espèces ? Comment fonctionne la sélection et existe-t-il des alternatives ? Nous réfléchirons sur les critères et les méthodes, qu'ils soient automatisés ou non, et au-delà nous interrogerons l'impact de la sélection sur le fonctionnement de nos disciplines scientifiques, sur l'établissement des normes, et sur l'organisation de nos sociétés. Pour cela, le Centre d'Alembert fera intervenir des collègues de différents domaines dans le cadre de ce séminaire : science de l'éducation, sciences de la vie, sciences et techniques des activités physiques et sportives, économie, informatique, physique...

La sélection des plantes cultivées : de la domestication à la sélection participative

Isabelle Goldringer

Chercheuse INRA, Génétique Quantitative et Évolution – Le Moulon

Résumé

Isabelle Goldringer nous présentera l'histoire de la sélection des plantes cultivées depuis la domestication jusqu'à la modernisation agricole, puis l'émergence récente des réseaux paysans et citoyens de gestion et de sélection de la diversité à la ferme et s'attachera à mettre en évidence, derrière la diversité des pratiques de sélection, des visions de la biodiversité et de l'évolution complètement différentes.

TABLE DES MATIÈRES

1	Histoire de la sélection et de la domestication.....	5
1.1	De la domestication au 19ème siècle	5
1.1.1	L'histoire des céréales : une coévolution homme-plante	5
1.1.2	La domestication.....	6
1.1.3	La domestication des plantes	6
1.1.4	Égypte ancienne : un traitement fastidieux des récoltes	7
1.1.5	Centre d'origine des espèces cultivées	7
1.1.6	Origine et diffusion de <i>Triticum turgidum</i>	8
1.1.7	La précocité de floraison du blé, un exemple d'adaptation aux conditions climatiques.....	8
1.1.8	Sensibilité à la photopériode dans les landraces d'orge	9
1.2	Diffusion de l'agriculture, migrations humaines, dispersion des variétés, adaptation	9
1.2.1	Production - Sélection/création - Conservation	10
1.2.2	Pratiques traditionnelles de gestion à la ferme dans les pays du Sud	10
1.2.3	Introduction contrôlée de plantules issues de graines dans les champs de manioc en Guyane.....	11
1.2.4	Sélection, conservation et production ne sont pas antagonistes, au contraire !	11
2	La sélection dans le contexte de la modernisation agricole	12
2.1	Révolution industrielle et évolution de la sélection variétale.....	12
2.2	Un caractère clé pour la sélection des céréales : la hauteur	13
2.3	Introduction des gènes de nanisme.....	13
2.4	Gènes de nanisme et valorisation de l'azote.....	14
2.5	Résumons... au 20 ^e siècle	14
2.6	Organisation compartimentée	15
2.7	La biodiversité cultivée vue comme un réservoir d'allèles	15
2.8	Écologie / Amélioration des plantes : 2 visions de la diversité	16
2.9	Changement de modèle d'organisation.....	16
3	Les limites de l'agriculture "industrielle"	16
3.1	Réduction de la diversité génétique cultivée	16

3.1.1	Spécialisation des systèmes de culture	17
3.1.2	Spécialisation des rotations.....	17
3.1.3	Ces systèmes simplifiés reposent sur un usage intensif de pesticides	17
3.1.4	Évolution de la diversité à l'échelle du territoire.....	18
3.1.5	Structuration spatio-temporelle de la diversité variétale et génétique ...	18
3.1.6	Contournement d'un gène de résistance chez le blé en Europe du Nord	19
3.1.7	Le rapport IAASTD (International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development's) et ses conclusions	19
4	Remettre de la diversité dans les champs	20
4.1	Redéployer la diversité génétique cultivée au sein des agroécosystèmes.....	20
4.2	Domaines d'intérêt de la sélection participative.....	21
4.3	Réseau Semences Paysannes	22
5	Principe et exemple de sélection participative décentralisée	22
5.1	Sélection participative : exemple du projet Blé.....	22
5.1.1	Principes	23
5.1.2	Le programme de SP est co-construit par les paysans, les animateurs des associations paysannes et les chercheurs	23
5.1.3	Sélection au sein des populations.....	24
6	Conclusion.....	25

La sélection des plantes cultivées : de la domestication à la sélection participative

(Diapo 1)

[Avec] moi, on va aller dans les champs.

Tout à l'heure, [Guillaume ACHAZ] a dit [que la] génétique des populations [était] très réductionniste parce que l'on assimile les individus à des génotypes. Moi, je vais parler essentiellement des phénotypes, c'est à dire de la manière dont les organismes apparaissent dans l'environnement. Peut-être [qu'à la suite de nos deux présentations], nous aurons des discussions sur l'interaction entre le génotype et l'environnement.

1 Histoire de la sélection et de la domestication

(Diapo 2)

Je vais parler de l'histoire de la sélection, de la domestication, de la sélection moderne au cours du 20^e siècle pendant la période de modernisation de l'agriculture, des limites de l'agriculture industrielle et [de l'orientation] vers un autre modèle agricole, avec l'idée de remettre de la diversité dans les champs, de sélectionner et d'avoir des approches de sélection différentes.

1.1 De la domestication au 19^{ème} siècle

[Temps = 1 minute et 23 secondes]

1.1.1 L'histoire des céréales : une coévolution homme-plante

(Diapo 4)

Si on remonte à la domestication des espèces, pour les plantes, on peut considérer toute l'histoire de la sélection des plantes cultivées comme une coévolution entre les plantes et les sociétés humaines. On a tendance à penser que les hommes, les humains, ont transformé les plantes pour les adapter à leurs besoins, mais en même temps, les plantes transformées ont aussi transformé les sociétés puisque le fait de maîtriser, de pouvoir les semer, les récolter et les cultiver, a complètement changé le fonctionnement des sociétés. Cela a permis d'augmenter la production, de

sédentariser des sociétés et de changer [leur] fonctionnement. Donc regarder cette évolution comme une coévolution est peut-être plus réaliste. Les plus anciennes domestications des plantes datent à peu près de 10-12 mille ans.

1.1.2 La domestication

(Diapo 5)

[Temps = 2 minutes et 27 secondes]

Qu'est-ce que la domestication ? Pour être plus général, ce n'est pas une plante [qui est présentée sur la diapositive 5] – C'est l'ensemble des modifications des caractéristiques phénotypiques, [c'est à dire] la manière dont les organismes nous apparaissent, mais également du comportement d'une espèce sauvage pour l'adapter aux besoins de l'homme. La domestication du chien est la plus ancienne qui soit connue [et est estimée avoir eu lieu il y a entre 15000 et 30000 ans *Before Christ.*].

1.1.3 La domestication des plantes

(Diapo 6)

En ce qui concerne [la domestication des] plantes, les périodes les plus anciennes [pour lesquelles elles ont été identifiées remontent à] 10 à 12000 ans [*Before Present (Brown et al., TREE, 2010)*].

On a identifié un certain nombre de caractères qui sont très spécifiques des plantes domestiquées comparé aux plantes sauvages, [c'est ce] qu'on appelle « Le syndrome de domestication ». [Ces caractères se retrouvent] surtout au niveau des organes reproducteurs comme le grain non caduc, le grain non vêtu, les enveloppes non adhérentes, l'augmentation de la taille des fruits, une synchronisation entre l'atteinte de la maturité de tous les fruits ou de tous les organes reproducteurs, une augmentation du rapport fruit /végétation.

[Ceci est] illustré diapo 6 [avec] un ancêtre du blé, le *ae. tauschii* qui [possède] des enveloppes bien adhérentes et la téosinte, l'ancêtre du maïs, qui a des enveloppes complètement dures qui [se cassent] dès qu'ils sont mûrs et [qui possède] des petits barbillons qui leur permettent de s'accrocher au pelage des animaux pour être disséminés.

[Temps = 4 minutes et 23 secondes].

1.1.4 Égypte ancienne : un traitement fastidieux des récoltes

(Diapo 7)

Ce syndrome de domestication correspond au fait que les hommes vont avoir tendance à sélectionner les graines, les épis, les fruits, qu'ils arrivent le plus facilement à [récolter] donc qui restent plus longtemps sur les plantes, qui sont synchronisés, qui sont les plus gros, etc. Si on [prend le cas des] céréales, d'autres caractéristiques vont être sélectionnées : la facilité à transformer le produit de la récolte pour l'alimentation et donc, pour les céréales, à se débarrasser des glumes, des enveloppes, autour des grains.

[Temps = 5 minutes et 01 secondes]

Le syndrome de domestication chez les céréales

(Diapo 8)

On peut comparer [deux] espèces de blé : L'engrain, le plus fréquent, celui qu'on voit dans les champs [mais qui ne correspond pas au blé tendre], et l'espèce ancestrale [qui] ressemble [assez à l'espèce la plus fréquente], sauf que le rachis est cassant, [donc il] va s'égrener tout de suite, spontanément, et que la taille du grain est bien différente aussi.

[Temps = 5 minutes et 33 secondes]

1.1.5 Centre d'origine des espèces cultivées

(Diapo 9)

Les espèces cultivées ont été domestiquées dans des endroits qu'on appelle des centres ou des non-centres parce que c'est assez étalé. [Les régions] d'origine de ces espèces correspondent aussi à des zones où il y avait énormément de biodiversité dans les espèces sauvages qui ont été domestiquées.

[En Amérique Centrale, on trouve] un centre d'origine important pour le maïs, le haricot, la tomate. [En Amérique du Sud], on va avoir la patate, enfin la pomme de terre, et d'autres espèces. Pour les céréales à paille, on a le croissant fertile, qui est le centre d'origine des blés, mais aussi d'autres espèces de céréales à paille, de la lentille, du pois chiche, d'arbres fruitiers, etc. Que s'est-il passé ensuite, après ces domestications ?

[Temps = 6 minutes et 43 secondes]

1.1.6 Origine et diffusion de *Triticum turgidum*

(Diapo 10)

Les espèces ont ensuite suivi les migrations des populations humaines, très progressivement, - vous voyez les échelles de temps [d'après les travaux de Zohary (2000)]-.

Par exemple ici, pour les blés, certaines espèces de blé cultivées, très progressivement, ont [suivi] les différentes directions prises par les populations humaines qui ont colonisé de nouveaux territoires et s'y sont installées. Il est intéressant de noter que ce processus s'est fait très lentement, ce qui a permis aux espèces cultivées de pouvoir progressivement s'adapter à leurs nouveaux milieux. Il est clair que si aujourd'hui je prends un blé cultivé ici [dans le Croissant fertile] et que j'essaye de le faire pousser en Norvège, ça ne va pas marcher du tout, alors qu'actuellement, on trouve le blé cultivé depuis l'Australie jusqu'à la Norvège, en passant par l'Amérique du Sud, l'Afrique, etc.

(diapo 11)

C'est ce processus lent qui a permis l'adaptation progressive, la différenciation des populations d'espèces cultivées. En particulier, l'un des caractères très importants dans l'adaptation, est la manière dont la plante va pouvoir caler son cycle de végétation, de reproduction, en fonction du climat. Pour beaucoup d'espèces, en particulier pour les céréales, il y a des mécanismes de réponse à des signaux environnementaux [comme] la sensibilité à la vernalisation, c'est à dire [qu']une période de froid pendant l'hiver, pendant l'état végétatif, va être nécessaire pour induire le passage à l'état reproductif, donc à la montaison et à la production d'épis ou [comme] la sensibilité à la longueur du jour ; les plantes vont aussi attendre que le jour soit suffisamment long ou court pour se mettre à monter. Il y a aussi un effet des sommes de températures ; s'il ne fait pas chaud, ça ne pousse pas vite.

[Temps = 9 minutes et 12 secondes]

1.1.7 La précocité de floraison du blé, un exemple d'adaptation aux conditions climatiques

(Diapo 12)

Ce processus, après la domestication, de l'adaptation de ces espèces cultivées au début par les sociétés du néolithique et ensuite les sociétés paysannes, a conduit à

beaucoup de diversité [qu']on peut observer quand on regarde un certain nombre de caractères.

1.1.8 Sensibilité à la photopériode dans les landraces d'orge

On a regardé la sensibilité à la photopériode [à savoir] à la longueur [du] jour dans des variétés de pays, donc des variétés [qu'on qualifie d'] anciennes qui peuvent représenter plus ou moins ce qu'on avait à la fin du 19^e siècle et on voit que cette sensibilité se répartit de façon structurée selon la zone géographique. [On observe que cela] va aussi interagir à la fois avec le climat, mais aussi avec la date de semis.

On a des zones comme ici par exemple [dans le sud de l'Europe] où l'on va semer les orges à l'automne. Il ne fait pas très froid pendant l'hiver donc si les plantes se mettaient à pousser tout de suite, elles ne caleraient pas leur cycle au bon moment ; elles vont donc être sensibles à la photopériode et vont attendre que les jours soient assez longs pour se mettre à monter et à faire leurs épis. Par contre, dans le nord, on peut avoir les deux parce qu'il y a des orges qu'on va semer à l'automne mais, comme il fait froid, ils sont obligés d'attendre qu'il fasse plus doux, [c'est la vernalisation], pour pousser. Mais on peut aussi semer les orges au printemps et, dans ce cas, il va peut-être falloir des orges sensibles à la photopériode.

[Temps = 11 minutes et 10 secondes]

1.2 Diffusion de l'agriculture, migrations humaines, dispersion des variétés, adaptation

(Diapo 13)

Ce processus de diversification très progressif et très lent va continuer jusqu'au début du 20^e siècle avec, pour chaque espèce cultivée, le développement d'un grand nombre de variétés locales ou de populations "de pays" cultivées par les paysans :

- adaptées à leur environnement (climat, parasites, sol), [mais] aussi [aux] pratiques de culture (date des semis, manière d'agencer les cultures),
- sélectionnées par les paysans pour des caractères morphologiques (la couleur des épis, les barbes, les qualités quand on les utilise en cuisine),
- avec des échanges de graines entre les paysans, soit sur les marchés, soit avec [leurs] voisins ou des transmissions dans les familles.

[Temps = 12 minutes et 15 secondes]

1.2.1 Production - Sélection/création - Conservation

Gestion paysanne en métapopulation

(Diapos 14-15)

Du point de vue de la génétique des populations - je me demande si j'ai le droit [d'utiliser] « génétique des populations » [en parlant] des phénotypes-, si on regarde le fonctionnement des espèces cultivées à cette époque-là, on peut considérer que ces populations -une population, comme l'a dit Guillaume [Achaz], est un ensemble d'individus qui vont pouvoir se reproduire ensemble, d'une année sur l'autre- pourront être cultivées, dans le cas des plantes, dans un même milieu, année après année. Donc on peut considérer que dans le champ d'un paysan ou d'une paysanne, on a une population qui va être utilisée pour la production de nourriture [et] va aussi être sélectionnée (choix des épis, tri des grains, choix des plantes). Chaque agriculteur peut perdre, un moment donné, sa récolte ou il peut y avoir un accident dans le champ, des populations [peuvent] disparaître, mais aussi des échanges génétiques entre les populations sont [rendus] possibles soit par des flux de pollen, si les espèces sont allogames et dans des champs voisins, soit aussi par des échanges de semences entre les paysans. [De ce fait,] on peut décrire cela comme un fonctionnement, une gestion paysanne en métapopulation. Les métapopulations, c'est quelque chose qui est très bien décrit aussi pour les populations naturelles. On montre que c'est la manière de fonctionner qui peut expliquer le maintien, à long terme, de l'ensemble. Car même si dans chaque population, on perd de la diversité sous l'effet de la sélection, pour les conditions locales, de la sélection paysanne, mais aussi sous l'effet de la dérive génétique, on ne va pas perdre la même diversité dans toutes les populations et les flux de gènes vont permettre de renouveler et donc de maintenir la capacité d'adaptation à long terme.

1.2.2 Pratiques traditionnelles de gestion à la ferme dans les pays du Sud

(Diapo 16)

On a souvent tendance à penser -et avec l'exposé précédent, c'est un peu ce qu'on imagine- que la sélection va conduire à l'homogénéité et on peut se demander comment, avec cette sélection forte, on a maintenu autant de diversité. Chaque population est soumise à des pressions de sélection qui vont être différentes et à l'aléa de la dérive génétique. C'est donc tout ce processus de sélection locale et paysanne, pendant des milliers d'années, [qui] va conduire à une diversité. [Il ne s'agit pas d'un] maintien [mais de] la création d'une diversité énorme à travers tout un tas de pratiques qui sont très formalisées dans les sociétés agricoles vivrières.

On a pu le caractériser et le formaliser, [comme étant une] gestion de ces populations [de plantes] cultivées.

[Temps = 15 minutes et 49 secondes]

1.2.3 Introduction contrôlée de plantules issues de graines dans les champs de manioc en Guyane

(Diapo 17)

Je vais prendre l'exemple de la gestion des flux de gènes entre l'espèce sauvage apparentée et la population, l'espèce cultivée (travaux de Benoît Pujol, en 2004, pendant sa thèse sur le manioc).

Les champs de manioc sont réinstallés à travers des boutures qui sont faites à partir des plantes mais cela n'empêche pas qu'il y ait aussi une reproduction sexuée. Donc ces boutures sont faites par multiplication végétative et les champs sont détruits, ils sont laissés en jachère. Il y a du brûlis mais, dans les champs de manioc, il y a eu reproduction sexuée entre les plants de manioc et puis autour avec les apparentées sauvages. Ces graines vont rester dans le sol pendant quelques années (c'est ce qu'on appelle la banque de graines). Quand on revient pour planter les boutures dans la parcelle, après le brûlis, cette banque de graines va pouvoir se réveiller et des plantules vont apparaître.

Ce qui a bien été décrit est que, quand ils passent dans les champs au moment de désherber, les paysans vont opérer un choix sur ces plantules issues de croisements sauvages/cultivées. Ils ne vont pas retenir celles qui ont un air trop sauvage mais ils vont en incorporer quand même un peu. [Ainsi, ils vont] favoriser un petit flux de gènes depuis les sauvages vers les cultivées.

[Temps = 17 minutes et 43 secondes]

1.2.4 Sélection, conservation et production ne sont pas antagonistes, au contraire !

(Diapo 18)

Beaucoup d'études ont pu être faites sur des systèmes agricoles vivriers qui sont encore en fonctionnement actuellement [par] des généticiens et des ethnologues qui ont montré toute la logique, la cohérence de ces pratiques [qui reposent] sur le maintien d'[une importante] diversité.

Malheureusement, on n'a pas beaucoup de descriptions sur la manière dont pratiquaient les paysans en France par exemple, avant la sélection récente.

[Voici] quelques exemples de la diversité des phénotypes qui sont générés par cette sélection.

Pratiques traditionnelles de sélection paysanne sur le maïs au Mexique

(Diapo 19)

Gestion paysanne des sorghos repiqués au Cameroun

(Diapo 20)

2 La sélection dans le contexte de la modernisation agricole

[Temps = 18 minutes et 38 secondes]

2.1 Révolution industrielle et évolution de la sélection variétale

(Diapo 23)

Ensuite, que se passe-t-il à la fin du 19^e ? Parmi ces agriculteurs qui, dans chaque village, faisaient leur propre sélection, certains étaient particulièrement doués et efficaces et développaient des variétés un peu plus belles qui attiraient l'œil de leurs voisins. Maintenant encore, souvent, quand on va dans les villages où il y a de l'agriculture vivrière, on retrouve des experts en semences chez qui l'on va. Quand on a perdu ses semences, on va plutôt aller chez les personnes qui sont « références » pour les semences. Ce sont peut-être [ce genre] d'experts qui se sont spécialisés en sélection, comme par exemple la famille Vilmorin devenue ensuite une entreprise de sélection. [Ils] se mettent petit à petit à [davantage] vendre leurs semences que leurs grains et sont reconnus pour ce travail. Cette sélection au début qui est simplement massale par choix des plus belles plantes, comme on l'a vu dans la population, avec la redécouverte des lois de Mendel et la prise en compte des connaissances sur la transmission de l'hérédité, on va avoir les premiers croisements qui vont être faits dans ces espèces cultivées pour générer de nouveaux génotypes et sélectionner dans la descendance. Ces nouvelles variétés, au début des sélections massales un peu améliorées et ensuite des sélections dans des croisements, vont petit à petit remplacer les variétés paysannes de pays qui étaient développées avant.

[Temps = 20 minutes et 42 secondes]

2.2 Un caractère clé pour la sélection des céréales : la hauteur

(Diapo 24)

On arrive au début du 20^e siècle.

La sélection va s'accélérer parce que l'agriculture va être transformée. Au début des années [19]20, on maîtrise la synthèse des engrais chimiques et donc on comprend qu'on peut augmenter le rendement en [utilisant] ces engrais. Mais sur les céréales, ça ne marche pas bien car les plantes sont très hautes et quand on met les engrais, elles tombent par terre.

On voit que les plantes étaient très hautes [comparativement aux personnes sur l'image]. Ce n'est pas que les hommes étaient petits à l'époque. Il n'y avait pas de problème, elles étaient adaptées aux pratiques de l'époque. Il y avait également besoin de paille parce qu'il y avait beaucoup d'élevages. Elles étaient récoltées avant maturité, mûrissaient dans des meules.

[Temps = 21 minutes et 44 secondes]

2.3 Introduction des gènes de nanisme

(Diapo 25)

Comme on veut utiliser les engrais, on mécanise pour augmenter la production, faciliter le travail, mais il faut raccourcir la taille des pailles des plantes. On la raccourcit progressivement. Des gènes sont identifiés ; ils raccourcissent de manière très significative la longueur des pailles du blé en particulier. En 46, au Japon, des Américains découvrent des variétés dites naines, très courtes. Ils les ramènent aux États-Unis et vont les utiliser dans des croisements.

Ensuite, dans les années 50, Norman Borlaug, sélectionneur au CYMMIT, un centre international de recherche au Mexique qui améliorait les blés pour la résistance à la rouille, pour faire des cycles plus rapides, va introduire ces caractères de nanisme. Quelques années [plus tard], à partir de quelques génotypes élites qui cumulaient à la fois les gènes de nanisme, les résistances à la rouille et l'insensibilité à la longueur de jour, pour faire des cycles plus rapides, [les Américains] vont créer les variétés modernes de la révolution verte qu'on va retrouver, dans les années 60-70, en Inde, au Pakistan, et qui vont être la base de ce qu'on appelle la révolution verte.

[Temps = 23 minutes et 16 secondes]

2.4 Gènes de nanisme et valorisation de l'azote

La diapo 26 illustre la réponse différentielle entre les cultivars nains, donc améliorés avec les gènes de nanisme, et les cultivars anciens. On voit que lorsqu'on augmente la quantité d'azote, à un moment, les cultivars anciens ne valorisent plus. On peut leur en donner plus, il ne le transforme pas en rendement en grains alors que les variétés naines [le font].

Différents types de riz

(Diapo 27)

On retrouve ce caractère dans toutes les céréales : le riz, les orges, qu'on va voir toutes raccourcir de taille.

[Temps = 23 minutes et 58 secondes]

2.5 Résumons... au 20^e siècle

(Diapo 28)

Pour résumer ces changements importants de fonctionnement au cours du 20^e siècle, on peut dire qu'il y a trois piliers de la modernisation agricole, de la transformation de l'agriculture :

- la mécanisation,
- les engrais minéraux et les produits phyto[sanitaires],
- l'amélioration génétique [où] l'on est encore dans une coévolution ; l'amélioration génétique va chercher à adapter les plantes à la modernisation agricole, mais elle va aussi être le levier pour pouvoir développer de plus en plus les pratiques agricoles plus intensives.

Après-guerre, on augmente encore la professionnalisation du métier de la sélection avec l'idée que pour pouvoir insuffler et transmettre le progrès génétique fait chez les sélectionneurs auprès des agriculteurs, il faut formaliser les choses pour que les agriculteurs adoptent de façon plus systématique les nouvelles variétés, les dernières variétés les plus performantes. [Il faut] aussi que les sélectionneurs puissent évaluer les performances et [les] comparer [pour] aller vers des variétés de plus en plus homogènes génétiquement, parce qu'il est plus difficile de comparer des populations où tout le monde est différent que des lignées pures. Si l'on sait qu'un génotype est un peu plus performant dans la population, [on va avoir tendance à créer une variété uniquement composée de ce génotype]. On va également avoir, avec ces pratiques de sélection, un arsenal réglementaire pour orienter l'adoption des nouvelles variétés, le catalogue des obtentions variétales. Pour pouvoir

commercialiser, vendre ou échanger des semences, il faut que la variété soit inscrite dans ce catalogue et réponde à des critères d'uniformité génétique et de productivité. On appelle ces critères VAT, Valeurs Agronomiques et Technologiques.

[Temps = 26 minutes et 26 secondes]

2.6 Organisation compartimentée

(Diapo 29)

En termes d'évolution, on a un changement drastique dans la dynamique de l'évolution de l'espèce.

[Précédemment], j'ai essayé de vous montrer que l'évolution se produisait dans tous les champs des paysans [par] des échanges de semences, des adaptations locales, des différenciations, et que tout cela faisait évoluer l'espèce. Puis, avec la spécialisation des métiers, donc avec la sélection qui se trouve cantonnée chez les sélectionneurs, les surfaces dans les champs des agriculteurs ne vont plus contribuer à l'évolution de l'espèce. On a des tailles de populations énormes, mais ça va « en farine ». -je résume-. Par contre, toute l'innovation, la création de nouveautés en génétique se fait chez les sélectionneurs. Au début, il y avait un certain nombre de petites entreprises de sélection et puis, au fur et à mesure qu'on avance vers le 21^e siècle, [s'opèrent] une concentration des programmes de sélection et une réduction de [leur] nombre, donc des pools génétiques. L'évolution se fait de façon de plus en plus concentrée. La diversité, l'évolution et le maintien de la diversité qui tout à l'heure était répartie dans la métapopulation, vont [se] retrouver dans des collections, des banques de graines.

2.7 La biodiversité cultivée vue comme un réservoir d'allèles

(Diapo 30)

Dans les années 70, les scientifiques réalisent que le remplacement des variétés de pays par les variétés modernes va très vite et que l'on est peut-être en train de perdre toute cette diversité qui résultait de milliers d'années d'évolution. Des entreprises de collecte [sont menées] dans tous les champs des paysans qui avaient encore ces variétés [de pays] [afin qu'elles soient] stockées dans des banques de graines.

Des échantillons de ces variétés vont être prélevés et gardés en réserve, mis au froid afin de les maintenir et éventuellement de les réutiliser dans la sélection si besoin. L'idée est vraiment de les maintenir à l'identique, donc de les extraire de

l'environnement [pour empêcher toute] évolution et d'arriver à les [conserver] dans ces banques de graines.

[Temps = 29 minutes et 15 secondes]

2.8 Écologie / Amélioration des plantes : 2 visions de la diversité

(Diapo 31)

Au niveau évolutif, on [note] quand même des changements très importants. En termes de vision de la biodiversité cultivée, de vision de l'agriculture, on a une vision qui est très différente de la vision en écologie qui va cloisonner comme je l'ai montré tout à l'heure. On compartimente ; on a d'un côté l'évolution, d'un côté la diversité génétique. De l'autre, dans les champs des agriculteurs, on a des peuplements qui sont très homogènes génétiquement. On a cette vision où l'on sépare tout, [ce] qui est contraire à la vision en écologie où l'on va chercher plutôt à maintenir des processus. La biodiversité [n'est pas vue] comme un stock, un réservoir d'allèles dans lequel on peut aller piocher, mais plutôt comme un ensemble de processus, une dynamique, et on va chercher à maintenir les compartiments qui permettent à cette dynamique de se produire.

[Temps = 30 minutes et 20 secondes]

2.9 Changement de modèle d'organisation

(Diapo 32)

Il y a aussi des conséquences au niveau de l'organisation sociale et politique avec un changement de système où l'on passe d'un système où l'innovation est distribuée entre les paysans [à] une innovation qui se fait de façon très top-down. Les agriculteurs deviennent des utilisateurs d'innovations génétiques. Pour beaucoup d'agriculteurs, la semence est un intrant comme un autre, comme un engrais ou un pesticide.

[Temps = 31 minutes et 00 secondes]

3 Les limites de l'agriculture "industrielle"

3.1 Réduction de la diversité génétique cultivée

(Diapo 34)

Ce modèle conduit à des paysages qui sont devenus très homogènes au niveau de la biodiversité cultivée et [également] de la biodiversité sauvage associée.

3.1.1 Spécialisation des systèmes de culture

(Diapo 35)

On a une simplification très importante en termes de nombre d'espèces ; on est dans l'efficacité, dans l'augmentation de la productivité, donc on va produire des céréales dans les meilleures terres. Dans le bassin de la Seine, on va se spécialiser sur les grandes cultures céréalières avec de plus en plus de blé d'hiver (1970-2000). Le maïs est cantonné plutôt vers les zones de production d'élevage [Meunard, 2015 ; Schott et al., 2010].

3.1.2 Spécialisation des rotations

(Diapo 36)

On va, dans certains endroits, vers des systèmes très simplifiés en termes de rotations avec colza-blé-colza-colza-blé-blé-blé-blé-blé [Meunard, 2015 ; Schott et al., 2010].

3.1.3 Ces systèmes simplifiés reposent sur un usage intensif de pesticides

(Diapo 37)

On optimise la production mais aux dépens d'impacts environnementaux. Les collègues agronomes ont montré qu'il y avait un lien entre cette uniformisation, cette simplification des pratiques, avec l'augmentation en surface de certaines espèces et les besoins de traitement en pesticides, puisqu'on va soumettre de très grandes zones à une même pression, parce que la culture, les champs [représentent] une pression de sélection sur tout l'environnement biotique en interaction : les herbes, les insectes, les champignons, etc.

En uniformisant cette pression de sélection, on va accélérer la réponse en face des bioagresseurs et [de ce fait], il va falloir utiliser de plus en plus de pesticides.

[Temps = 33 minutes et 05 secondes]

3.1.4 *Évolution de la diversité à l'échelle du territoire*

(Diapo 39-40)

On a aussi pu montrer une uniformisation génétique, à différents niveaux [Rapport FRB, 2011 ; Bonneuil et al., 2012 ; Bonnin et al., 2014].

On a remplacé des variétés de populations hétérogènes génétiquement par des variétés homogènes et on a montré aussi une tendance à de plus en plus de ressemblances génétiques entre les variétés cultivées.

3.1.5 *Structuration spatio-temporelle de la diversité variétale et génétique*

(Diapo 41)

Sur la période 1981-2006, on a montré que dans les zones importantes de production du blé - là je parle de diversité génétique à l'intérieur de l'espèce- même si de plus en plus de variétés étaient cultivées dans les champs, on avait de moins en moins de diversité, en termes de diversité génétique déployée.

Évolution de la diversité fonctionnelle cultivée du blé

(Diapo 42)

On le retrouve aussi au niveau des caractères morphologiques phénotypiques, par exemple avec la hauteur (1980-2015) : on a fait des groupes en fonction de l'évolution de la hauteur moyenne pondérée dans chaque département et on voit que si au début on avait des classes de hauteurs un peu différentes en Bretagne (en rouge) et dans d'autres régions, avec des plantes plus hautes pour l'élevage, tout converge et on se retrouve avec partout en France des variétés qui ont dix centimètres d'écart du nord au sud de la France [J. Desormeaux (M2), R. Perronne (INRA)].

Filtres sur la diversité variétale cultivée

(Diapo 43)

Les filtres, les goulots d'étranglement à cette diversité génétique, sont :

- la sélection mais [aussi] tout un tas d'acteurs : les agriculteurs qui vont choisir, les acteurs qui déterminent les critères du catalogue pour inscrire les variétés, les coopératives qui vont choisir les variétés qu'elles vont vendre aux agriculteurs, les débouchés.

Tous ces acteurs de la filière font ce qu'on appelle un verrouillage sociotechnique de la filière et il n'est pas forcément simple d'en sortir.

[Temps = 35 minutes et 15 secondes]

3.1.6 Contournement d'un gène de résistance chez le blé en Europe du Nord

(Diapo 44)

Pourquoi est-ce un problème ?

J'ai un peu parlé des pesticides, je n'ai peut-être pas besoin de [l'] illustrer [à nouveau]. Mais on voit que très vite, quand on utilise beaucoup un gène de résistance, par exemple Yr17 [Bayles et al., 2000] dans des variétés de blé, [avec] 50 % de culture des variétés de blé au Danemark qui ont le gène de résistance, en trois ans toutes les populations de blé au Danemark, mais [aussi] en Angleterre et en France [deviennent sensibles au champignon *P. striiformis* f. sp. *tritici*, responsable de la maladie de la « rouille jeune »]. [Ce champignon], très vite, contourne le gène de résistance et attaque les variétés qui [de ce fait] deviennent sensibles.

(Diapo 45)

Cette uniformisation des espèces, des pratiques et de la génétique, induit une vulnérabilité accrue au bio-agresseurs et aux facteurs environnementaux.

3.1.7 Le rapport IAASTD (International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development's) et ses conclusions

(Diapos 46-47-48)

Comment peut-on faire évoluer ces pratiques agricoles pour sortir de cela ? On peut s'appuyer sur des analyses qui ont été faites par un panel, un groupe un peu comme le GIEC ou le groupe du Millennium Ecosystem Assessment qui s'est focalisé à évaluer la recherche agronomique et l'innovation et le développement en agriculture [afin d'] évaluer [son] impact, sa capacité à réduire la faim, la pauvreté [et sur le] développement durable. C'est un rapport très intéressant ; une synthèse de 20 pages, tout à fait lisible, publiée en 2008.

Parmi leurs conclusions, la première est que la recherche agricole et le développement ont bien permis d'augmenter significativement la production dans le temps, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire, mais [en montre aussi] les limites [car] ces augmentations de rendement ont bénéficié de façon inégale aux populations à travers le monde et ont induit parfois des impacts environnementaux problématiques. Les propositions [qu'ils font sont] de passer à une recherche basée sur des approches agroécologiques et de viser les populations locales, notamment les populations rurales agricoles, à travers des approches de recherche participative et donc de les impliquer dans la recherche pour qu'elle permette de mieux transformer leurs conditions de vie et d'être plus adaptée.

Stratégie alternative

(Diapo 49)

Vous avez peut-être entendu parler de l'agroécologie ? L'idée est de remplacer tout ce qui va être dépendance aux intrants extérieurs en utilisant mieux les fonctionnalités écologiques des agroécosystèmes pour essayer de préserver, de renouveler les ressources naturelles et d'assurer un fonctionnement durable.

L'un des principes est de développer de la diversité à tous les niveaux, du champ au paysage.

[Temps = 38 minutes et 50 secondes]

4 Remettre de la diversité dans les champs

4.1 Redéployer la diversité génétique cultivée au sein des agroécosystèmes

(Diapo 51)

Donc on voudrait remettre de la diversité dans les champs. Je vais parler de diversité génétique, mais il y a de nombreuses manières de diversifier : on peut mettre des haies, des arbres, associer du blé et du pois, du maïs et du haricot, mais je vais parler de diversifier au sein de l'espèce, donc remettre dans un champ de blé, soit un mélange de variétés ou bien des populations hétérogènes.

On a vu tout à l'heure que quand on avait fait comme cela, les agriculteurs s'étaient laissé déposséder de leur autonomie à gérer leurs semences, cette diversité. Donc si on veut revenir [à la diversité dans les champs], on ne pourra pas le faire sans beaucoup impliquer les agriculteurs. Les bénéfices qu'on en attend [correspondent aux] services de régulation que va fournir la diversité à un instant t. Ceci a bien été

décrit par exemple en phytopathologie : comment un mélange de variétés sensibles et résistantes va permettre de freiner beaucoup le développement d'une épidémie.

Donc si on cumule une hétérogénéité résistance sensible pour plusieurs maladies, on va vraiment gagner en régulation, en résistance, en stabilité, pour le rendement. Et si on resème au cours du temps, on peut imaginer avoir aussi une adaptation au changement global.

[Temps = 40 minutes et 29 secondes]

4.2 Domaines d'intérêt de la sélection participative

(Diapo 52)

On va avoir besoin des agriculteurs, on ne va pas pouvoir leur imposer de changer des variétés homogènes qui vont bien avec de l'engrais, des pesticides [mais qui sont sensibles aux perturbations et nuisibles pour l'environnement, pour des pratiques alternatives plus respectueuses de l'environnement].

Y a-t-il des agriculteurs qui s'y sont intéressés ? Oui. De leur côté, un certain nombre d'agriculteurs, même bien avant les scientifiques, ont identifié qu'ils pouvaient développer d'autres pratiques agricoles, en particulier l'agriculture biologique en utilisant, en favorisant cette biodiversité. Et pourquoi notamment se sont-ils rendu compte qu'il fallait travailler avec autre chose que les variétés disponibles [dans le] commerce ? Tout simplement parce qu'ils ont fait le constat que ces variétés n'avaient pas été sélectionnées, développées pour être adaptées à leurs pratiques, puisque beaucoup ont été orientées, évaluées en conditions optimales intensives de sélection. On peut y voir une interaction génotype - environnement.

Interaction Génotype x Système de culture

(Diapo 53)

C'est le classement des variétés pour leur rendement en conditions conventionnelles et en conditions bio. Si on sélectionne les cinq meilleures en conditions conventionnelles, on n'obtient pas les 5 meilleures en bio, certaines même vont se comporter très mal.

Domaines d'intérêt de la sélection participative

(Diapo 54)

Il y a une inadaptation entre l'offre variétale et les pratiques des agriculteurs ainsi que d'autres raisons. En bio ou en agroécologie, on va diversifier les pratiques ;

[certaines pratiques vont consister] à avoir des rotations très longues : on va introduire de la luzerne, faire des semis sous couvert, de l'agroforesterie. Cela [engendre de nombreux] besoins en types de variétés qui peuvent être différents et qui vont difficilement pouvoir être pris en compte par une sélection centralisée. On a aussi des objectifs de sélection que, pour l'instant, la sélection ne prend pas en compte comme des pailles hautes, la qualité de panification, etc.

[(Les agriculteurs/paysans) cherchent aussi à] retrouver une autonomie dans les semences parce que, pour l'agriculture intensive, s'ils n'ont pas la taille suffisante en termes de surface de production, ils sont « étranglés » parce qu'ils dépendent beaucoup de l'aval et de l'amont, de l'achat et de la vente des semences. Donc retrouver l'autonomie sur les semences, sur ce qu'ils produisent et [sur la façon] dont ils les gèrent, est peut-être aussi s'assurer plus de viabilité économique. Ils ont également identifié un besoin de diversifier dans leurs champs.

[Temps= 43 minutes et 38 secondes]

4.3 Réseau Semences Paysannes

(Diapos 56-57)

Quels sont les agriculteurs avec lesquels on a travaillé sur cette sélection de population participative ? Principalement, ces agriculteurs se sont réunis en 2003 dans l'association Réseau Semences Paysannes à partir de raisons assez diverses, politiques ou d'identification des manques variétaux.

Ces mouvements ont aussi émergé dans d'autres pays d'Europe [et] associent essentiellement des paysans mais parfois aussi des jardiniers comme l'association Arche Noah en Autriche qui est très importante et réunit des milliers de jardiniers amateurs.

5 Principe et exemple de sélection participative décentralisée

5.1 Sélection participative : exemple du projet Blé

(Diapos 57-58)

Qu'est-ce que la sélection participative ?

Je vais juste vous montrer le fonctionnement de notre projet pour l'illustrer de manière concrète. On s'est donné des objectifs très appliqués : créer des variétés de

population adaptées à certains contextes, mais en même temps des objectifs plus génériques [tels que] développer des stratégies, des méthodes, pour gérer la diversité génétique à travers cette approche de gestion /sélection à la ferme.

On revient à l'idée de réintroduire la diversité génétique, un compartiment dans lequel l'évolution va pouvoir se produire pour l'espèce.

Puis il y a un enjeu de réappropriation ou d'appropriation de connaissances, de savoir- faire, par les paysans et les associations.

5.1.1 Principes

(Diapo 59)

Les principes : décentraliser la sélection - vous n'êtes peut-être pas tous familiers avec cela, on l'a fait en général dans des stations expérimentales, dans de bonnes conditions. Il y a un réseau dans différents pays, et [elle est faite] par des professionnels-. Là l'idée est d'aller sélectionner directement dans les fermes parce qu'on a vu que si on sélectionne en stations et qu'ensuite on fait pousser dans la ferme, [le résultat] va peut-être être complètement différent et ça ne va pas toujours marcher. Donc on va directement dans chaque ferme et on évalue dans les conditions habituelles de production de culture. On va mobiliser et recréer beaucoup plus de diversité que ce qu'on a de disponible au catalogue des variétés.

On va reprendre des variétés de pays anciennes, aller dans les banques de graines ou chez les anciens ou dans d'autres pays pour rechercher beaucoup plus de diversité.

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

(Diapo 60)

Le processus participatif est un processus de recherche/action participative, c'est-à-dire dire qu'on va décider ensemble, à toutes les étapes, y compris [pour] définir les objectifs, la méthode, le dispositif. On va toujours se mettre tous d'accord, ce ne sont pas les chercheurs qui viennent et qui disent qu'il faut faire l'essai « comme ça », semer « dans tel ordre »,... Tout est discuté. Recherche/Action [signifie] qu'en fait, on ne va pas définir un protocole sur trois ans, et qu'on s'y tient pour analyser les résultats, [mais] on veut que la recherche ait une capacité opérationnelle [immédiate], une capacité à transformer la vie et le fonctionnement des acteurs.

Donc si la première année, ce n'est pas du tout adapté, on discutera pour changer le protocole, pour adapter la méthode.

[Temps = 47 minutes et 41 secondes]

Échanges lors des visites

(Diapo 64)

Cela nous a conduit à développer des dispositifs d'évaluation à la ferme, très particuliers, de petites tailles, avec [peu] de répétitions.

5.1.3 Sélection au sein des populations

(Diapo 65)

On a essayé de développer des outils pour aider les agriculteurs à se sentir à l'aise pour faire des sélections massales au sein des populations, des sélections de choix entre les populations, à travers des évaluations statistiques.

(Diapo 75)

Des outils ont été développés, y compris des bases de données, des modèles [statistiques] un peu compliqués pour pouvoir traiter tout cela et [à partir de] 2006, on a eu assez rapidement de nouvelles populations dont les agriculteurs, les paysans et les paysannes, étaient satisfaits. Vous voyez qu'on n'est pas redondant, on ne reproduit pas ce qui se fait dans la sélection professionnelle puisque là (diapo 75) on a une variété qui est la plus cultivée par les agriculteurs bio qui s'appelle « renan ». Vous voyez qu'elle ne couvre pas bien le rang, ça a été désherbé à la main. Si ce n'est pas désherbé, elle pousse mal.

A côté (diapo 75) : des variétés issues de la sélection participative avec des pailles [i.e longueur de tige] beaucoup plus hautes qui tiennent debout et plus de diversité.

(Diapo 76)

On a aussi testé en panification, ça correspond bien.

Avec ses pailles hautes, il peut y avoir de l'herbe en bas, ça ne gêne pas, on n'a pas besoin d'herbicides.

Nombre de populations observées sur les fermes

(Diapo 77)

[Voici] le nombre de populations qui sont testées chaque année, plus de 1000, donc on a une contribution importante à réintroduire de la diversité génétique dans les champs.

[Temps = 49 minutes et 32 secondes]

6 Conclusion

(Diapo 78)

[Il y a] une notion d'effets favorables pour la résilience : au niveau de chaque agriculteur, à travers la diversité de ces populations qui va stabiliser la production et, au niveau collectif, on va moins dépendre des choix d'un gros acteur très important. C'est aussi un changement de paradigme dans la recherche avec une autre manière de faire de la recherche qui va aussi stimuler l'intérêt des citoyens pour les questions et les choix scientifiques.

(Diapo 79)

Je voulais mentionner tous les étudiants et les collaborateurs avec qui j'ai travaillé et vous remercier pour votre attention : [G van Franck, P. L'Hote, S. Pin, N. Galic, Y. de Oliveira, J. Enjalbert, E., Forst, G. Fruchaud, M. Garnault, C. Bouvier d'Yvoire, J. Locqueville, T. Gauthier, M. Turbet Delof, ODavid, F. Mermer, C. Bonneuil, E. Demeulenaere, M. Thomas, P. Rivière, J-F. Berthelot, les pausans et animateurs du groupe Blé RSP].

Transcription réalisée par Véronique Luec et Julien Gargani.

CENTRE D'ALEMBERT

Centre Interdisciplinaire d'Étude de l'Évolution des Idées, des Sciences et des Techniques

Bâtiment 407 - 91405 ORSAY Cedex

Tél. : 01.69.15.61.90

Courriel : centre.dalembert@universite-paris-saclay.fr

Web : <http://www.centre-dalembert.universite-paris-saclay.fr>

