

MOOC « Semences végétales, quels enjeux pour notre avenir ? »

Semaine 2 Observez la diversité au cœur des semences

Manuel semaine 2

Session du Printemps 2019



MOOC
SEMENCES
Quels enjeux pour notre avenir ?



Votre cours de la semaine 2

Semaine 2	Observez la diversité au cœur des semences	1
	Introduction de la semaine 2	2
	Introduction de la semaine 1 avec Maria MANZANARES-DAULEUX & Lucien LAIZE - vidéo 10	3
1)	Les échelles de la biodiversité	4
	L'ADN, que l'on observe au microscope de <i>Mélanie JUBAULT</i> - vidéo 11	4
	Les espèces et variétés, que l'on cultive dans les champs de <i>Loïc LEPINIEC</i> - vidéo 12..	9
	La cohabitation entre diversité sauvage et cultivée de <i>Christian Leveque</i> - vidéo 13....	10
2)	Les espèces végétales, comment évoluent-elles ?	13
	L'origine des espèces cultivées : la domestication de <i>Michel PITRAT & Maud TENAILLON</i> - vidéo 14	13
	Domestication des espèces cultivées et Agriculture de <i>Michel PITRAT et Maud TENAILLON</i> - vidéo 15.....	18
	Quelles perspectives pour la diversité des espèces végétales ? de <i>Jacques DAVID</i> - vidéo 16.....	21
3)	Comment conserver et utiliser durablement la diversité des espèces cultivées ?	25
	Les enjeux de la conservation de la diversité à travers les ressources génétiques de <i>Fabrice DREYFUS</i> - vidéo 17.....	25
	Les acteurs de la conservation des ressources génétiques de <i>Audrey DIDIER</i> - vidéo 18	28
	La section RG du CTPS pour la conservation des RG de <i>Fabrice DREYFUS</i> -vidéo 19	31
	La conservation des RG à travers l'expérience du réseau Pro maïs de Jean Beigbeder - vidéo 20	33
	Les essentiels de la semaine 2	35
	Conclusion de la semaine 2 avec Maria MANZANARES-DAULEUX & Lucien LAIZE - vidéo 21	35

Introduction de la semaine 2 avec Maria MANZANARES-DAULEUX & Lucien LAIZE - vidéo 10

Bonjour !

Ça y est, vous êtes entrés dans le monde des semences avec le premier chapitre du MOOC Semences. Eh bien cette semaine, vous allez observer la diversité des semences, ses origines, la manière dont elle évolue et tout ce qui est mis en place pour la conserver et l'utiliser durablement.

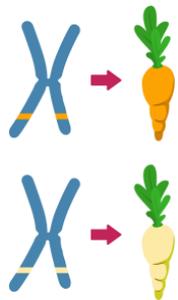
Bonne semaine !

1) Les échelles de la biodiversité

L'ADN, que l'on observe au microscope de Mélanie JUBAULT - vidéo 11

L'ensemble des traits observables d'un individu, qu'on appelle **phénotype**, est le résultat de l'expression de son programme génétique - de son ADN - et de l'influence des conditions environnementales.

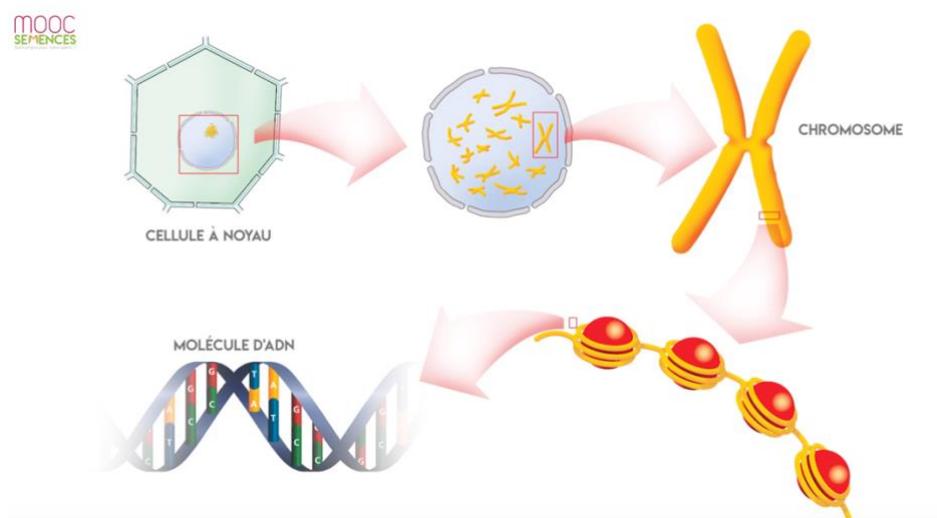
EXEMPLE D'EXPRESSIONS DU PHÉNOTYPE D'HORTENSIA



Une seule différence au sein de ce programme génétique entre deux individus peut entraîner une variation de phénotypes entre ces deux individus. La diversité des espèces végétales et la diversité existante au sein d'une même espèce végétale sont ainsi le reflet de cette diversité génétique.



L'**acide désoxyribonucléique** ou **ADN** est une macromolécule biologique présente dans toutes les cellules. Elle contient l'information génétique permettant le développement, le fonctionnement et la reproduction des êtres vivants. Dans les **cellules eucaryotes**, l'ADN, contenu dans le noyau, est replié sur lui-même dans un manchon de protéines formant des structures linéaires appelées **chromosomes**.

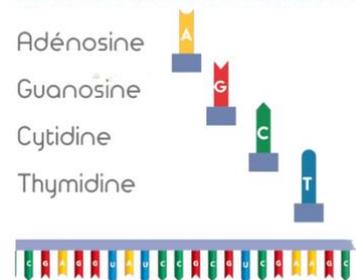


Le nombre et la forme des chromosomes sont en général les mêmes pour tous les individus d'une espèce donnée. Le nombre de chromosomes est très variable d'une espèce à l'autre, avec par exemple jusqu'à 308 chromosomes pour le mûrier noir.

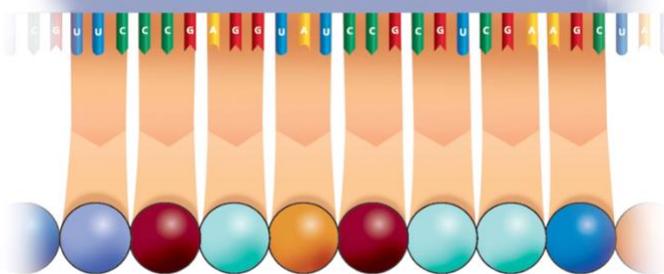
Le **gène**, unité de base de l'hérédité, est un fragment de la molécule d'ADN qui va servir de matrice pour la synthèse d'une protéine spécifique (notamment) et ainsi déterminer un caractère héréditaire de la cellule ou de l'organisme. Si l'on déplie la molécule d'ADN jusqu'à l'extrême, on s'aperçoit que l'ADN est composé d'une succession de molécules appelées **nucléotides** accrochés les uns aux autres.

Il existe quatre nucléotides différents : l'**adénosine**, la **guanosine**, la **cytidine** et la **thymidine**, et c'est l'enchaînement très précis de ces 4 nucléotides, comme un code, le long de la molécule d'ADN qui va constituer l'information génétique. En effet, le code génétique permet d'associer chaque triplet de nucléotides à un des 20 **acides aminés** possibles. Et c'est l'enchaînement précis des acides aminés qui va constituer une protéine et en déterminer les propriétés. Trois **codons**, dits codons-stop, ne codent pas un acide aminé, mais commandent l'arrêt de la synthèse de la protéine.

IL EXISTE SEULEMENT 4 NUCLÉOTIDES DIFFÉRENTS :

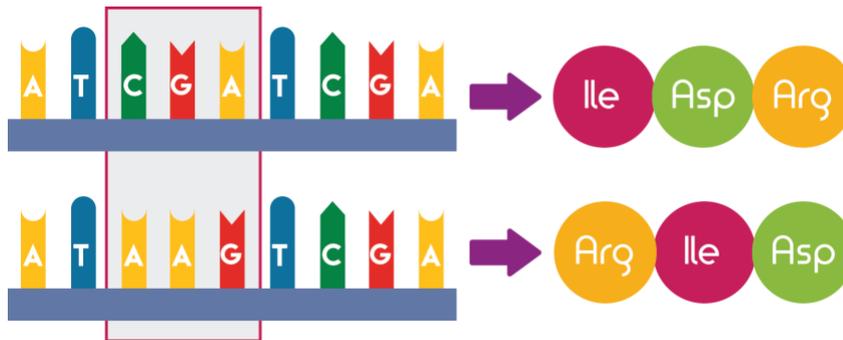


Chaque triplet de nucléotides code 1 acide aminé précis



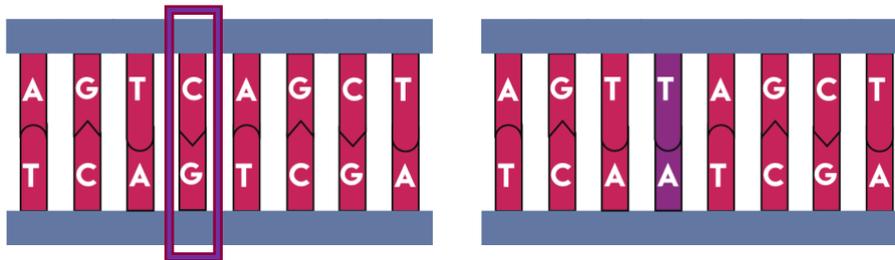
Enchaînement d'acides aminés = 1 protéine





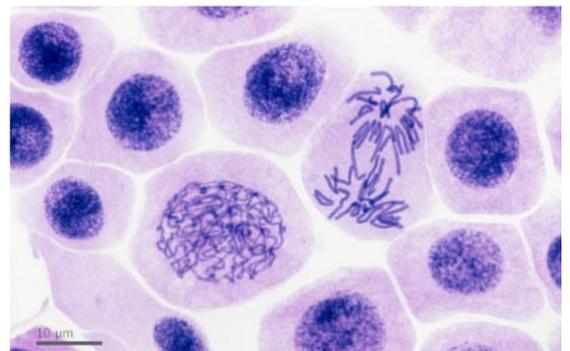
Une variation de la séquence d'ADN va aboutir à une variation dans la protéine produite, et donc une variation du caractère.

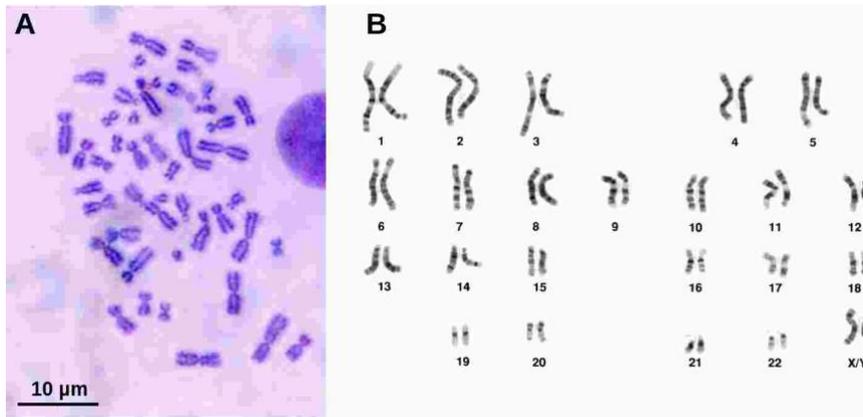
Les **allèles** sont les différentes versions d'un même gène, c'est-à-dire que deux allèles d'un même gène présenteront des variations dans sa séquence nucléotidique. Ces variations de la séquence d'ADN sont appelées **mutations** et sont à l'origine de la diversité biologique.



Les mutations peuvent être spontanées et surviennent le plus souvent suite à des erreurs lors de la réplication de l'ADN. Les mutations peuvent également être provoquées par des facteurs mutagènes physiques (rayonnements ionisants) ou chimiques.

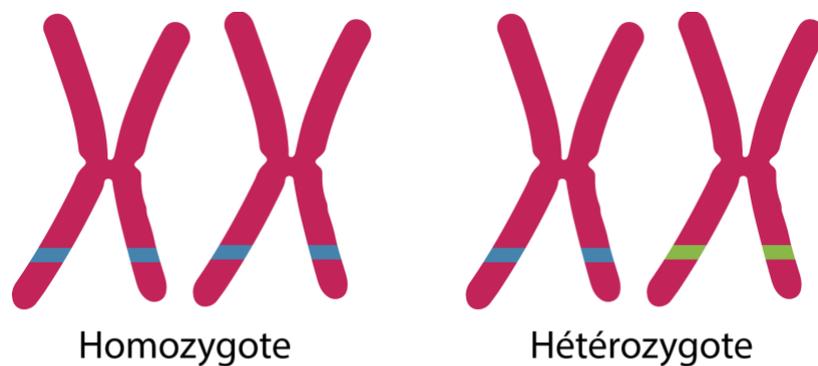
Les chromosomes sont dits **homologues** lorsqu'ils sont évolutivement apparentés : ils ont la même taille, la même forme, comportent le même agencement de gènes et ils forment des paires de chromosomes lors de la formation des gamètes (**méiose**). Par exemple, chez l'Homme, les chromosomes sont agencés dans le noyau par paires (on parle alors de **diploïdie**) : ils sont homologues, comportent les mêmes gènes, mais l'un est issu de la mère et l'autre du père et peuvent donc présenter des allèles différents pour chacun des gènes.



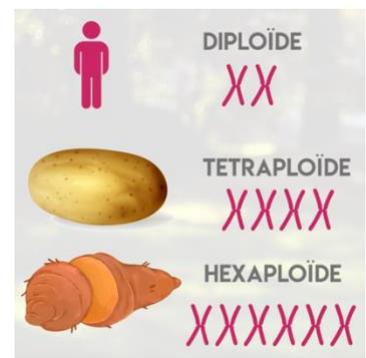


CARYOTYPE HUMAIN

Si les allèles d'une paire de chromosomes homologues sont identiques, on parle d'**homozygotie**, s'ils sont différents, on parle alors d'**hétérozygotie**.



Chez l'Homme, les chromosomes sont agencés par paires, mais chez certaines espèces, notamment végétales, le nombre de chromosomes homologues peut varier par des duplications spontanées. On parle de niveau de ploïdie, c'est-à-dire le nombre d'exemplaires de jeux complets de chromosomes présents dans la cellule d'un organisme. L'Humain est une espèce diploïde avec 2 jeux de chromosomes homologues. L'espèce est dite **polyploïde** si elle possède au moins 3 jeux : la pomme de terre et la luzerne sont tétraploïdes avec 4 jeux de chromosomes, la patate douce est hexaploïde avec 6 jeux !

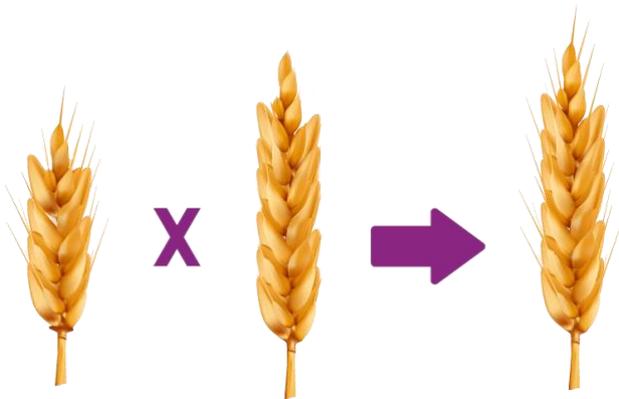


Une pomme de terre peut détenir jusqu'à 4 allèles différents d'un même gène.

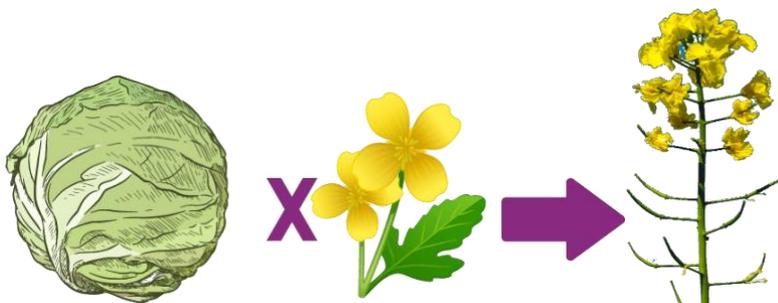
Ce niveau variable de ploïdie est une deuxième source de diversité : chaque gène est ainsi présent en différents exemplaires au sein du génome, chaque exemplaire pouvant présenter un allèle différent !

Enfin la **reproduction sexuée est la plus grande source de diversité** : nous ne sommes pas la copie conforme de notre père ou de notre mère, mais bien le résultat de la combinaison de leurs programmes génétiques. Les brassages génétiques qui interviennent lors de la formation des gamètes (méiose) et lors de la fécondation sont ainsi à l'origine de nouvelles combinaisons alléliques et ainsi de la diversité des phénotypes ! De plus, l'**hybridation** peut être **intraspécifique**, c'est-à-dire entre 2 individus de la même espèce, mais également **interspécifique**, entre 2 individus de deux espèces proches : le colza (*Brassica napus*), tétraploïde, est ainsi issu du croisement d'un chou (*Brassica oleracea*) diploïde et d'une navette (*Brassica rapa*) diploïde.

Croisement intraspécifique entre 2 blés :



Le croisement interspécifique entre un chou et une navette a donné le colza



Les espèces et variétés, que l'on cultive dans les champs de Loïc LEPINIEC - vidéo 12

On définit une **espèce** comme un groupe d'individus qui peuvent se croiser entre eux et donner naissance à une descendance fertile. Cela implique que ces individus ont des caractères morphologiques, physiologiques ou génétiques similaires et compatibles.

Par exemple, si on prend un chat sauvage et un siamois, ils font partie de la même espèce et ils peuvent avoir des descendance fertiles. Par contre, un chien ne peut pas avoir de descendance fertile avec un chat. Le chien et le chat sont deux espèces différentes. De même que les tomates et le blé sont deux espèces différentes.

Il existe des cas plus particuliers comme l'âne et le cheval, qui peuvent avoir une descendance, le mulet ou la mule, mais cette descendance n'est pas fertile. Donc l'âne et le cheval sont bien deux espèces différentes.

Pour **nommer une espèce, on utilise deux mots latins**. Le second qualifie l'espèce et le premier correspond à un regroupement plus large de différentes espèces, c'est ce qu'on appelle **genre**. Par exemple, on a le genre *Solanum* qui regroupe la tomate (*lycopersicum*) ou la pomme de terre (*tuberosum*). Enfin, au sein d'une même espèce, on peut avoir différentes variétés par exemple le chat siamois et le chat sauvage ont des caractéristiques, même s'ils appartiennent à la même espèce.

Pour les plantes, on parle plutôt de **variétés**. Par exemple, au sens botanique, on définit une variété comme une population d'individu qui peut acquérir des caractéristiques distinctives, comme leur taille, leur forme ou leur couleur, et ils forment alors une variété plus ou moins homogène génétiquement, mais qui reste possible de croiser avec les individus de la même population.

Au sens agronomique, c'est exactement la même chose. La variété constitue aussi une population d'individus avec des caractéristiques bien définies, mais cette population est sélectionnée par l'homme pour être cultivée et pour répondre aux différents besoins des utilisateurs. On parle alors souvent de **cultivar** ou **variétés cultivées**.

On peut donner, évidemment, l'exemple du chou, qui est une espèce *Brassica oleracea* pour lequel il existe de très nombreuses variétés sauvages et cultivées comme le chou de Bruxelles, le chou-fleur ou le brocoli, qui sont toutes des variétés de l'espèce chou *Brassica oleracea*.

La cohabitation entre diversité sauvage et cultivée de Christian LEVEQUE - vidéo 13

Les espèces sauvages au contact des espèces cultivées

Tous ceux qui ont un jardin savent d'expérience que ce qui pousse le mieux dans leur jardin, ce sont les plantes sauvages, que l'on appelle communément les **mauvaises herbes**. Si on ne fait rien, ces espèces sauvages deviennent très vite envahissantes, il faut donc les contrôler. Quand le jardin est petit, ce n'est pas un problème, on peut le faire à la main. Pour un jardin plus important, cela devient une véritable corvée.

Les agriculteurs, eux aussi, doivent nettoyer leurs champs des mauvaises herbes qui poussent dans les cultures. Savez-vous qu'autrefois, pour désherber les champs, on utilisait des produits dérivés de l'acide sulfurique ? L'apparition des herbicides après la Seconde Guerre mondiale a été vécue comme un immense progrès parce que cette innovation technologique a délivré les agriculteurs d'un travail fastidieux.

Mais, comme dans toute innovation, il y a eu des abus dans l'utilisation de ces produits. Ces abus ont entraîné des pollutions que l'on continue à regretter à l'heure actuelle. Aujourd'hui, on s'oriente vers un ensemble de pratiques qui visent à concilier la production agricole avec une réduction de l'usage des herbicides et des pesticides et la préservation de la biodiversité dans les cultures. C'est ce qu'on appelle couramment l'**agriculture raisonnée**.

Il y a aussi des espèces qui rentrent en concurrence avec les espèces cultivées. Par exemple dans les champs de colza ou de maïs, on va trouver une plante originaire d'Amérique du Nord, l'**ambrosie**, qui pose des problèmes de santé publique, en raison de son pollen très allergisant. On y trouvera également le **datura** ou l'herbe du diable, qui est une **adventice** bien connue également, mais qui est très toxique des pour les animaux et dangereuse pour l'homme bien évidemment.

Paradoxalement, si l'on essaie de lutter contre un certain nombre de plantes qui viennent parasiter les cultures, on essaie également d'en protéger quelques-unes d'entre elles. Ces espèces, on les appelle des **plantes messicoles**, c'est-à-dire des espèces qui hébergent des insectes utiles pour lutter contre les ravageurs de cultures, et qui sont également utiles car elles offrent des possibilités d'alimentation pour un certain nombre de pollinisateurs.

D'autres plantes comme les bleuets ou les coquelicots ont une **valeur patrimoniale** et esthétique. Vous savez toute la symbolique qui se rapporte aux coquelicots et aux bleuets. Nous les connaissons tous et nous souhaitons tous leur retour dans les champs.

Donc, une utilisation plus judicieuse des herbicides et la pratique de la jachère, qui est connue depuis longtemps, sont des moyens d'améliorer des relations entre les cultures et la protection des espèces sauvages. Pour maintenir un équilibre entre les plantes cultivées et les plantes sauvages, on recommande divers aménagements ou diverses pratiques agricoles telles que l'entretien et la replantation de haies, de bosquets, de bandes enherbées en bordure des champs qui ne sont pas traités par les herbicides ou les pesticides, des cultures favorables aux **auxiliaires des cultures** et le fauchage tardif, par exemple, pour protéger certaines espèces. Dans le cas de mesures agroenvironnementales, on essaie de limiter ou de supprimer des **fertilisants** et les **phytosanitaires**.

Impacts des espèces cultivées sur les espèces sauvages : exemple de la question de la dissémination des OGM

Un autre problème est apparu avec la montée en puissance des **biotechnologies** et l'apparition de **plantes génétiquement modifiées** au cours des dernières décennies. Vous savez qu'il existe une polémique à ce sujet et qu'à l'heure actuelle, l'utilisation des plantes génétiquement modifiées est interdite en France.

Certains ont évoqué notamment la possibilité de transmission de gènes issus des plantes génétiquement modifiées vers les plantes sauvages. Ainsi, une plante modifiée pour tolérer les herbicides pourrait propager des gènes de résistance qui lui ont été ajoutés aux espèces sauvages proches. Dans ce domaine, il faut néanmoins examiner les choses au cas par cas.

Toutes les plantes ne se reproduisent pas de la même manière. Pour schématiser, on distingue des plantes allogames (dont le pollen doit féconder un ovule d'une autre plante), ce qui veut dire qu'il faut une grande dispersion des pollens, et des plantes autogames (dont le pollen féconde un ovule de la même plante). Dans ce cas-là, il n'y a pas besoin de la dispersion du pollen par des **pollinisateurs**. Le risque de transmission est donc très faible chez les plantes autogames et concerne surtout les plantes allogames. Encore faut-il le démontrer.

Interactions entre espèces cultivées d'ici et d'ailleurs

Enfin, une question dont on parle moins, mais qui est tout aussi importante quand on s'adresse aux plantes cultivées, c'est qu'il faut faire attention aux transferts d'espèces cultivées entre les différentes régions du monde. Et ses plantes sont importées, ou circulent, avec leurs parasites et leurs ravageurs. Ainsi, des plantes peuvent être porteuses de maladies et de parasites qui peuvent affecter la flore ou la faune locale. Un exemple assez bien connu et malheureux a été l'introduction de palmiers parasités par le **charançon rouge** ou par un papillon qui provenait du Moyen-Orient et qui ont été importés dans le Midi de la France. Ces parasites ont attaqué d'autres espèces de palmiers autochtones, c'est-à-dire présentes dans la flore du Midi de la France, causant de nombreux dégâts. Tout le monde connaît la promenade des Anglais à Nice, et bien, actuellement les palmiers sont en train de mourir, en raison de ces parasites qui ont été importés. Et on pense que beaucoup d'espèces de palmiers du sud de la France sont susceptibles de disparaître en raison de ces introductions de parasites.

Cette question est particulièrement importante parce qu'il est quasiment impossible à l'heure actuelle d'empêcher de nouvelles espèces de s'installer, ainsi que leurs pathogènes qui voyagent avec des individus contaminés. La circulation des espèces est telle qu'on arrive difficilement à contrôler leur état sanitaire.

Coexistence des activités agricoles et des zones protégées

Actuellement, les agriculteurs sont confrontés à la coexistence de leurs activités, qui sont réputées polluantes, avec l'existence de zones protégées comme les zones Natura 2000 par exemple, ou les zones prioritaires pour la biodiversité issues de la loi sur la biodiversité de 2016. Ils sont fortement incités à réduire les apports en engrais et en phytosanitaires. Ce manque à gagner est en partie pallié par des compensations financières et notamment par ce qu'on appelle les



mesures agroenvironnementales type Ecophyto, mesures agroenvironnementales et climatiques, qui leur permettent, avec un cahier des charges, de répondre à certaines exigences en matière de protection de l'environnement.



Les agriculteurs sont soumis à un nombre croissant de contraintes. Ils doivent déposer des demandes d'autorisation pour des projets qui pourraient avoir lieu sur les zones incluses dans les zones protégées et maintenir un certain nombre de pratiques, notamment une **couverture végétale** diversifiée sur les sols, des assolements et des rotations de cultures, maintenir ou créer des bosquets, etc. Et dans certains cas, si les actions ne sont pas suffisantes pour restaurer les habitats spécifiques à certaines espèces, ils ont l'obligation de mettre en œuvre certains types de pratiques favorables à ces espèces.

Je voudrais terminer par quelques préoccupations personnelles concernant justement ces mesures de protection. Les scientifiques savent que nos systèmes écologiques se sont en permanence modifiés au cours du temps. Ainsi, nos systèmes dits naturels en France sont des systèmes que l'on essaie de protéger, mais qui ont une histoire. Cette histoire est fortement marquée par les pratiques agricoles qui ont été créées. Elles géraient la plupart de nos paysages et de nos systèmes écologiques. La Camargue est un bel exemple d'un système dit naturel qui est en réalité un système agricole qui avait été créé pour la culture du riz.

Il y a un passé, et ce passé pèse fortement sur la nature actuelle de la diversité biologique. Or les politiques de conservation, qui prévalent à l'heure actuelle, cherchent le plus souvent à préserver l'existant, c'est-à-dire à figer la dynamique naturelle de la diversité biologique. Nous sommes donc devant une situation assez ubuesque : nous essayons de maintenir un existant en sachant que cette existence n'a pas d'avenir puisque les choses sont appelées à changer. Nous avons affaire à des systèmes particulièrement complexes, dans lesquelles les interactions sont nombreuses entre les objets naturels, les objets sociaux, les objets climatiques, etc. Il est donc difficile de faire des prévisions, il y a beaucoup trop d'aléas, beaucoup trop d'incertitudes quant à l'avenir. Nous devons essayer d'avoir une attitude relativement humble par rapport à la dynamique des systèmes naturels en nous préparant à nous adapter à ces modifications plutôt que de chercher à les planifier. Nous devons donc développer une approche que l'on qualifie d'approche intégrée ou systémique, selon les termes utilisés par les scientifiques, qui cherche à prendre en compte les différents paramètres en jeu pour essayer de voir dans quelle mesure nous pouvons améliorer nos relations entre les activités productives agricoles et la préservation de la biodiversité. Mais cela, dans une perspective d'adaptation ou de coadaptation perpétuelle des milieux, des espèces et des pratiques agricoles.

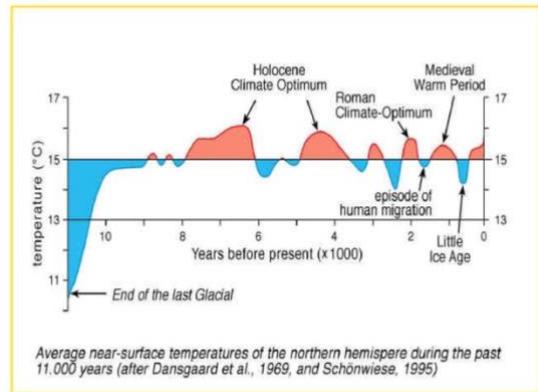
2) Les espèces végétales, comment évoluent-elles ?

L'origine des espèces cultivées : la domestication de Michel PITRAT & Maud TENAILLON - vidéo 14

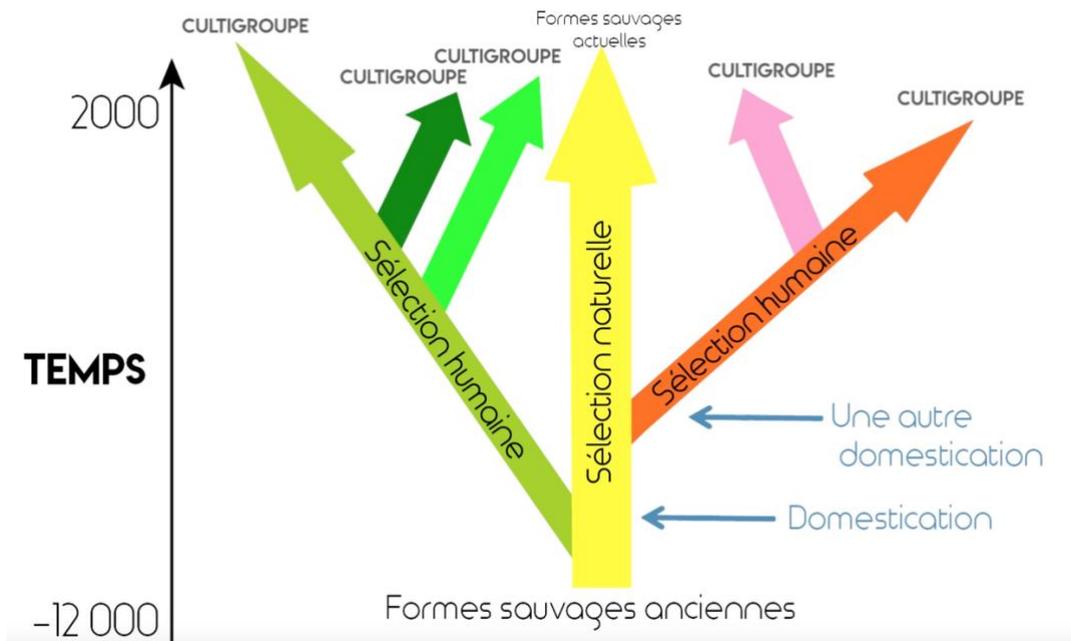
Qu'est-ce que la domestication ?

Les débuts de l'agriculture remontent à environ 12 000 ans, au néolithique, juste après le dernier âge glaciaire. Cet âge glaciaire a cédé la place à une période de réchauffement et d'abondance des pluies, probablement favorable aux cultures.

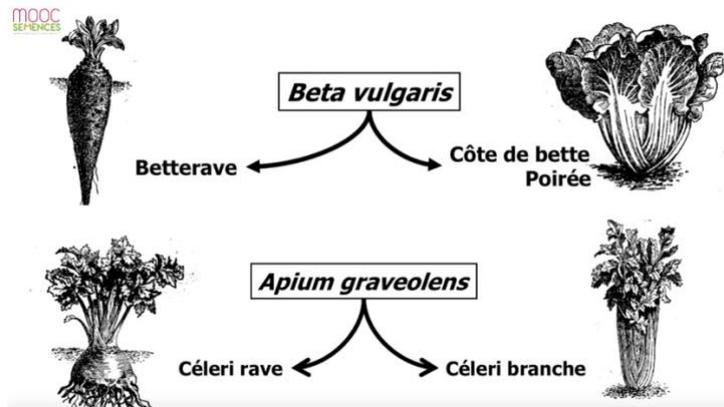
Avant la révolution agricole, les hommes se nourrissaient de la chasse des animaux et de la cueillette des plantes, on les appelait les **chasseurs-cueilleurs**. Petit à petit, les hommes se sont mis à cultiver les plantes sauvages, à améliorer leur technique culturale et à sélectionner les graines des plantes les plus intéressantes pour les ressemer l'année d'après.



Le fait de vouloir cultiver des plantes a nécessité un changement complet dans la biologie de ces plantes-là. Et l'on a abouti à une situation d'interdépendance entre l'homme, d'une part, qui dépend des plantes pour son alimentation et, d'autre part, les plantes qui dépendent de l'homme pour tous les soins qu'il va leur apporter. C'est-à-dire les labours, les semis, la lutte contre les mauvaises herbes, l'irrigation, la fertilisation. Donc c'est ça la domestication au sens strict : cette interdépendance entre l'homme et les plantes cultivées, les plantes agricoles.



Par exemple, les caractères « grossissement » du fruit ou des racines, enfin de l'organe qui est consommé, « perte de la **compétitivité** » vis-à-vis des mauvaises herbes et vis-à-vis des autres plantes, sont des caractères assez typiques de la domestication des plantes.

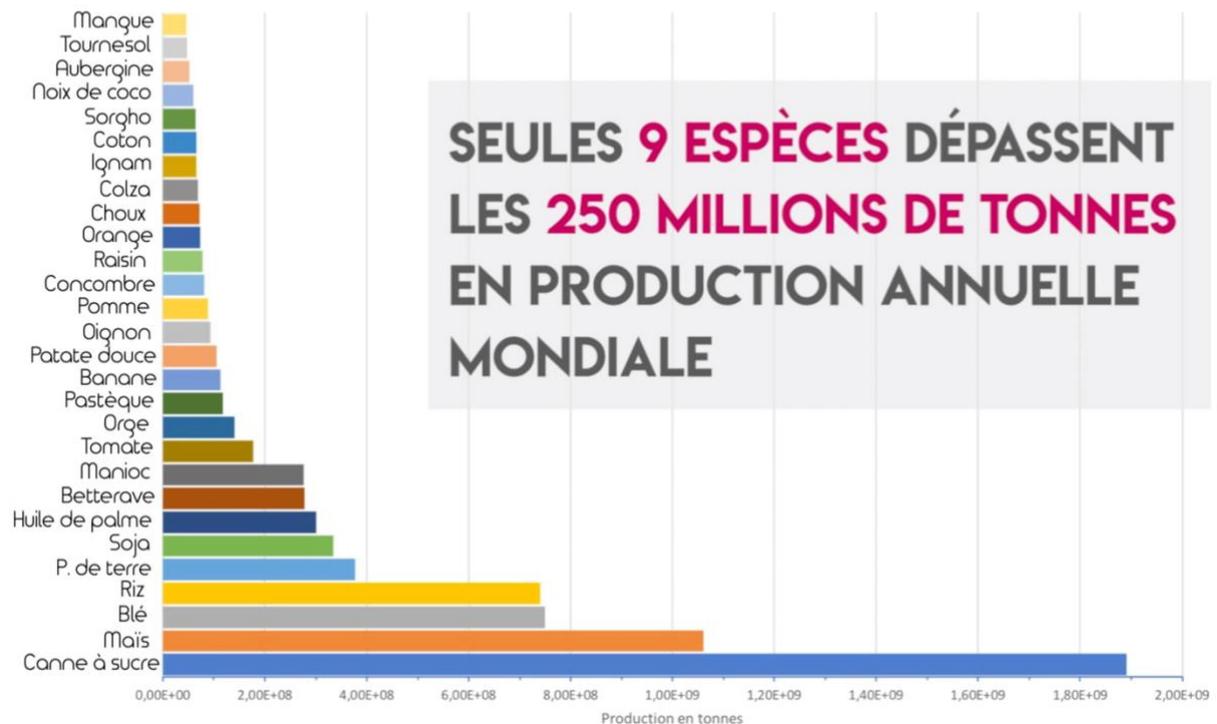


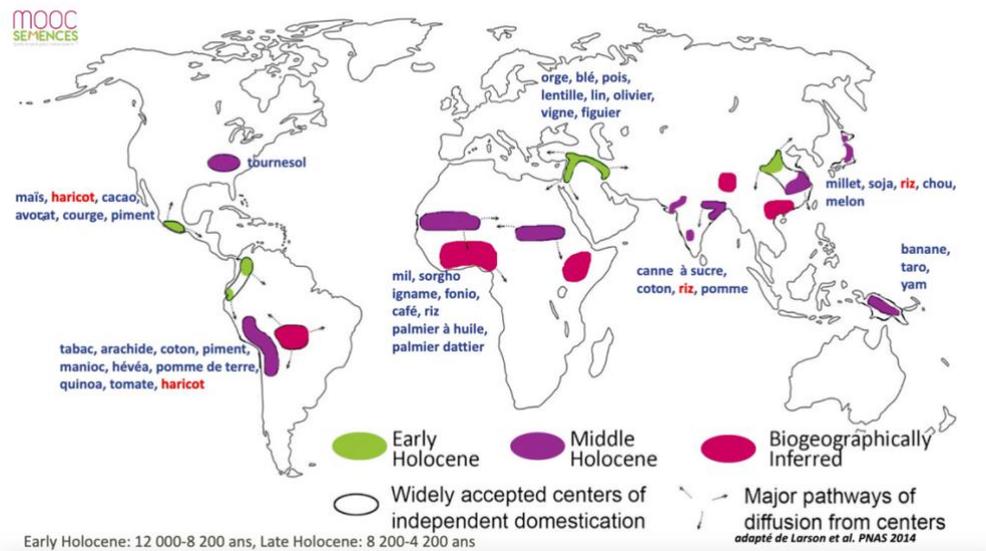
C'est ce contrôle initial de la reproduction des plantes et l'acquisition concomitante par ces plantes de caractères profitables à l'homme que l'on appelle la domestication.

Où et quand ont été domestiquées les plantes agricoles d'aujourd'hui ?

Où et quand ont été domestiquées les espèces que l'on consomme aujourd'hui et qui représentent plus de 90 % de nos apports caloriques ? Sur la centaine d'espèces de plantes domestiques, seules 9 espèces dépassent les 250 millions de tonnes en production annuelle mondiale.

LES 28 ESPÈCES VÉGÉTALES LES PLUS PRODUES AU MONDE (SOURCE : FAO, 2016)

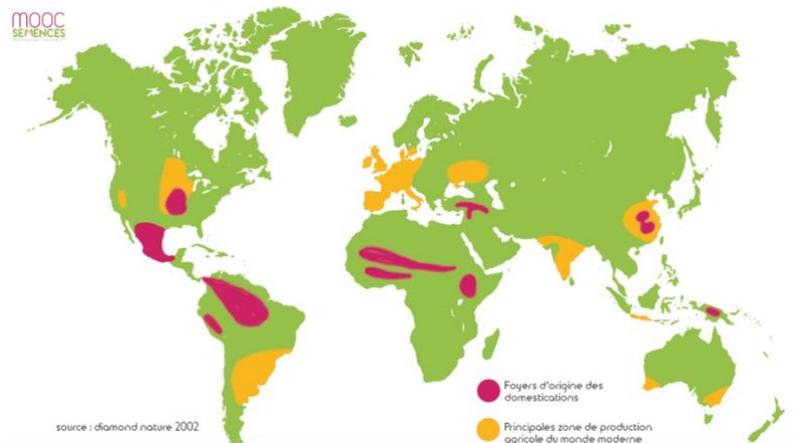




Sur la carte ci-dessus, vous voyez les noms d'espèces de plantes pour lesquels les lieux et dates de domestication ont été établis, ceci grâce à des données archéologiques et génétiques. En effet, on peut avoir accès pour la plupart des plantes aux formes sauvages et domestiques. Dix mille ans c'est très peu à l'échelle des temps évolutifs. On peut donc étudier les génomes des plantes domestiques et de leurs ancêtres pour comprendre l'histoire de la révolution agricole, c'est un peu mon métier.

Les **premières domestications** ont eu lieu dans une région comprise entre le sud-est de la Turquie et l'ouest de l'Iran et du Levant, une région appelée le **croissant fertile** en raison de sa forme et son histoire. Que remarque-t-on sur cette carte ? Tout d'abord, les domestications sont apparues dans différents endroits du globe de façon concomitante, c'est étonnant. Par exemple, entre 12 000 et 8 200 ans avant notre ère, les premières domestications ont eu lieu dans le croissant fertile, en Chine et en Amérique centrale. Ensuite, certains endroits semblent avoir été très peu propices aux domestications. C'est le cas notamment de l'Europe et de l'Amérique du Nord. Enfin, certaines espèces ont été domestiquées indépendamment plusieurs fois à différents endroits comme le riz en Asie, et le haricot en Amérique.

Une autre chose tout à fait remarquable est que les aires de culture actuelle de ces plantes dépassent largement les lieux de domestication, et sont même assez peu corrélées au lieu de leur domestication. Ainsi, les plantes cultivées par la main de l'homme ont pu coloniser d'immenses territoires, révélant une capacité d'adaptation hors du commun.



Revenons au maïs, par exemple, son aire de culture s'étend du sud de la Suède jusqu'au sud du Chili. Il peut être cultivé entre 0 et 3 800 mètres d'altitude. Et en France, depuis les années 60, le maïs a franchi la Loire grâce à l'obtention d'**hybrides précoces**. Cette extension vers le Nord va très probablement se poursuivre avec les changements climatiques actuels.



Qu'est-ce qui a permis la diversification des espèces végétales ?

Cette diversité est le résultat de plusieurs événements génétiques. Le plus important c'est probablement la **mutation**, qui se produit de façon aléatoire, spontanée. Les choux rouges par rapport aux choux verts, les feuilles de laitue de différentes couleurs, la couleur orange de la chair du melon... toutes ces évolutions sont des mutations spontanées qui ont été sélectionnées, conservées par l'Homme, parce qu'elles correspondaient à un intérêt, à un besoin à un moment donné.

Ces mutations peuvent concerner des caractères relativement tranchés comme la couleur : présence/absence. Mais elles peuvent concerner aussi des caractères plus quantitatifs, comme la teneur en sucre que l'on peut avoir dans le melon, ou bien des arômes qui sont des caractères beaucoup plus subtils, beaucoup plus quantitatifs, ou bien le rendement ou la précocité.

La deuxième source de diversité, ce sont les **croisements interspécifiques**, spontanés, naturels, ou bien les croisements également spontanés entre différents types à l'intérieur de la même espèce. Par exemple, dans les croisements entre espèces, celui entre une forme de navet et le chou a donné naissance à une nouvelle espèce : colza ou rutabaga.

Enfin la troisième possibilité, ce sont des **croisements contrôlés par l'Homme**. Croisements interspécifiques, donc ce ne sont plus des croisements spontanés mais des croisements dans lesquels on va repérer et introduire un, deux ou un petit nombre de gènes venant d'une espèce voisine pour les introduire dans la forme cultivée.

Par exemple, les tomates sont naturellement sensibles à toutes les maladies que l'on peut trouver. Tous les gènes de résistance au *fusarium*, au *verticilium*, à toutes les maladies, aux nématodes... que l'on trouve aujourd'hui dans les variétés de tomates modernes, viennent tous d'espèces différentes de la tomate, et pour lesquelles on a fait un croisement suivi de **sélection** pour introduire ces nouveaux caractères.



Si on les résume, on a donc la mutation qui est probablement le caractère le plus important des croisements spontanés à l'intérieur ou entre espèces données. Et des croisements dirigés plus récemment, au cours de la sélection par l'Homme sur les croisements interspécifiques.

Domestication et sélection, quelles différences ?

La sélection de nouveaux caractères fait suite à la domestication. Mais il s'agit d'un **continuum**, il ne s'agit pas d'une rupture entre une première phase de domestication et ensuite la sélection. La sélection a permis à l'Homme de conserver dans les plantes cultivées les caractères qui l'intéressaient, de taille, de couleurs, de formes, de rendement, de précocité, d'adaptation aux différentes conditions. Et, dans les différents pays ou en fonction du temps, les besoins et les intérêts ont changé. Ce qui fait qu'on a abouti à cette diversité en sélectionnant pour différents caractères.

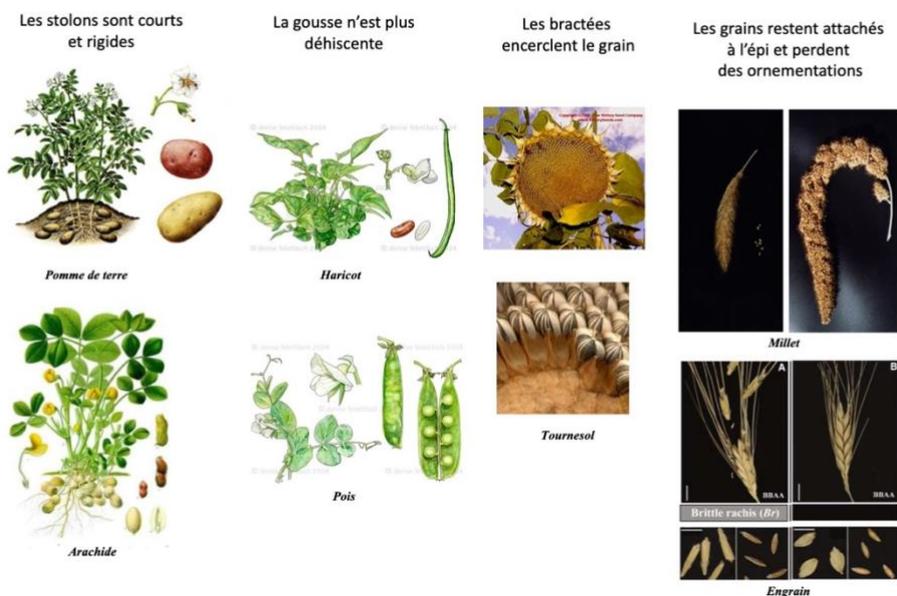
Un des meilleurs exemples, c'est probablement le chou où, à partir de la forme sauvage du chou, en sélectionnant pour les feuilles on a les choux cabus, les choux de Milan ; en sélectionnant pour les bourgeons axillaires on a les choux de Bruxelles ; en sélectionnant pour les inflorescences on a les choux fleurs et les brocolis ou en sélectionnant pour de grosses tiges, les choux raves où les choux moëlliers. Donc, à partir de la même forme sauvage, et d'un ou plusieurs événements de domestication indépendants, la sélection a permis d'obtenir la diversité actuelle que l'on peut observer dans ces espèces.

Domestication des espèces cultivées et Agriculture de Michel PITRAT et Maud TENAILLON - vidéo 15

La **domestication** a induit de nombreux changements par rapport à la plante sauvage et ces modifications permettent de répondre aux besoins humains.

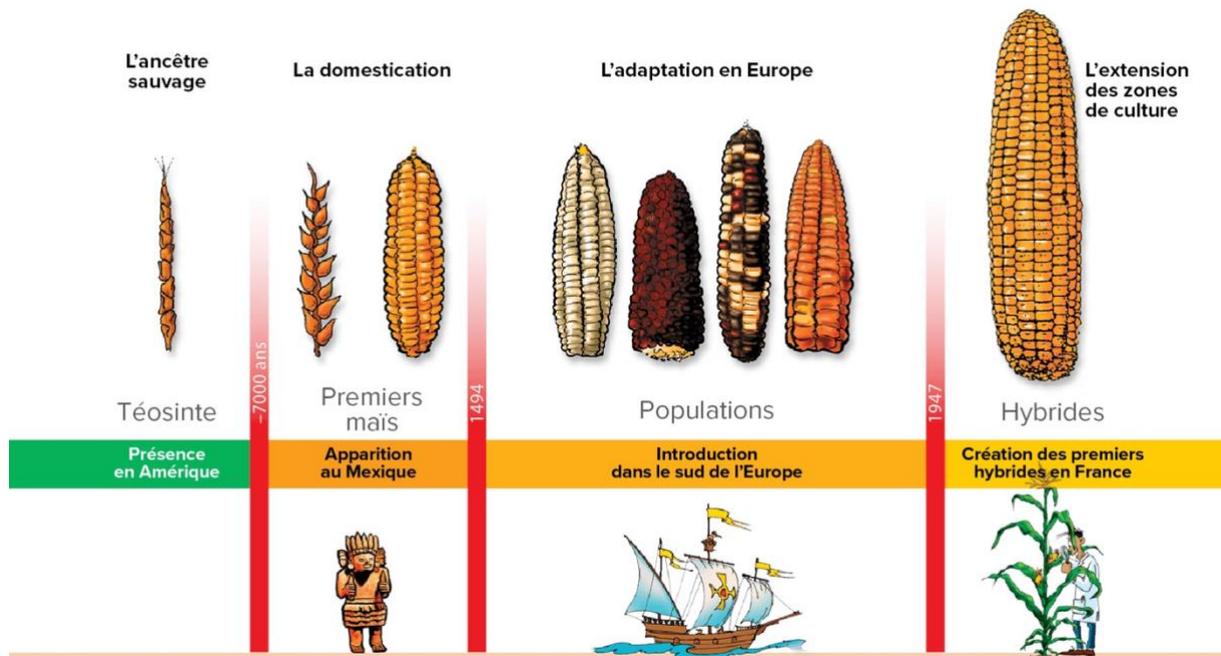
Faciliter et améliorer les récoltes et l'alimentation

Chez les céréales domestiquées, le grain reste attaché à l'épi et on observe également une forte diminution des ornementsations. Comme chez le millet et l'engrain, qui fait partie de la même famille que le blé. Ces ornementsations servent dans la nature à disséminer les grains, en s'accrochant par exemple à la fourrure des animaux. Mais elles sont autant de difficultés pour la consommation humaine.



Autre exemple, avec les grains de téosintes qui est la plante « ancêtre » du maïs. Les grains de téosintes sont contenus dans de petits épis, chacun ne contenant pas plus de 10 petits grains durs, impropres à la consommation et recouverts d'une enveloppe très rigide. Ils peuvent cependant « exploser » sous l'action du feu un peu comme nos popcorns d'aujourd'hui. Et pourtant, ces téosintes ont donné lieu au maïs actuel, qui a de gros épis, avec des centaines de grains, beaucoup plus gros que ceux de son ancêtre et dépourvus d'enveloppe rigide, qui est aujourd'hui l'aliment de base dans toute l'Amérique centrale et bien au-delà. Toutes ces modifications permettent au maïs d'être consommé tel quel ou avec un minimum de cuisson.





Production d'aliments non toxique

Au cours de la domestication où on est parti des formes sauvages ; parmi les plantes sauvages il y en a qui peuvent être toxiques pour l'Homme dans son alimentation.

Donc une des premières étapes de cette domestication a été d'éliminer ces caractères défavorables de toxicité. On peut citer comme exemple les courges sauvages dont la chair du fruit contient toujours des cucurbitacines, qui sont des substances très amères, toxiques pour l'Homme et pouvant entraîner le coma et la mort. Et au départ, on pense que les courges ont été sélectionnées pour consommer les graines qui elles, ne contiennent pas de cucurbitacine. Ces graines sont très riches en protéines et en lipides de bonne qualité alimentaire. Mais lorsque l'homme a voulu consommer les fruits, il a fallu contre-sélectionner, donc on a trouvé des mutants qui ne possédaient pas de cucurbitacine. Et c'est à partir de ces mutants que l'on a développé les courgettes, les pâtissons et toutes les courges dont on mange le fruit.

En revanche, ces cucurbitacines se sont maintenues dans d'autres types de courges, que l'on utilise dans des buts décoratifs, qui sont les coloquintes ornementales. Donc il faut se méfier de ces produits ou bien des croisements aléatoires qui ont pu avoir lieu avec des courgettes ou des pâtissons, parce qu'il y a des risques toxiques importants.

Produire des aliments bons pour la santé

Parmi les points positifs, on peut noter l'accumulation dans les organes consommés, de certains produits bénéfiques pour la santé. Je pense par exemple aux bêta-carotènes, que l'on va trouver dans les carottes orange, dans les melons à chair orange, et les courges également à chair orange. Ou bien, le lycopène qui n'existe pas dans les pastèques sauvages, mais que l'on a dans les pastèques cultivées. Soit le bêta-carotène à la provitamine A, soit le lycopène avec ses côtés antioxydants, tous deux sont des exemples des apports des plantes cultivées pour la santé des populations d'une façon générale.

S'adapter aux techniques culturales

L'adaptation d'une variété donnée est évidemment très dépendante des conditions de sélection dans lesquelles a été créée cette variété. Une variété qui a été créée pour des cultures en région froide, pour des cultures sous châssis, au XIX^e siècle, ne va pas être capable de pousser dans des conditions de températures plus élevées, ou dans des serres modernes qui sont chauffées.

Donc les variétés ont une adaptation relativement étroite et pour répondre aux besoins de l'Homme qui sont toujours changeants et qui correspondent aux changements globaux de l'agriculture, comme la récolte mécanique par exemple, ou des techniques de culture qui évoluent, ou le changement climatique, on a besoin d'avoir recours à une plus grande diversité.

Ainsi, la domestication des plantes a marqué un tournant absolument crucial et irréversible dans l'histoire de l'humanité. En facilitant la survie des populations humaines, leur expansion et en contribuant aussi à leur sédentarisation, le passage à l'agriculture a profondément modifié nos sociétés pour le meilleur et pour le pire. La révolution agricole a été responsable d'une explosion démographique, d'une stratification sociale avec une division du travail et la mise en place de hiérarchies, de l'émergence de maladies infectieuses due à la densité de population et à la proximité des animaux. Elle a provoqué et continue de provoquer d'importants conflits. Elle a aussi motivé un développement technologique important accompagnant l'évolution des modes de culture. Enfin, la révolution agricole a eu un impact profond sur nos paysages, et est à l'origine d'une empreinte écologique irréversible. En aménageant des espaces agricoles, en limitant la compétition, mais aussi les synergies entre espèces, en luttant contre toutes sortes de parasites, d'insectes, l'homme a ainsi créé une niche écologique artificielle pour les espèces domestiques, dont l'aire de répartition a complètement supplanté celle des espèces sauvages. Nous sommes devenus en quelques millénaires interdépendants de quelques espèces pour notre survie, et à l'inverse la survie de ces plantes domestiques ne dépend que de nous.

Quelles perspectives pour la diversité des espèces végétales ? de Jacques DAVID - vidéo 16

L'érosion génétique des plantes cultivées, qu'est-ce que c'est ?

On parle souvent d'**érosion génétique** pour les plantes cultivées. Pour aborder cette question, il nous faut d'abord comprendre comment se crée, se maintient et disparaît la diversité.

La mutation

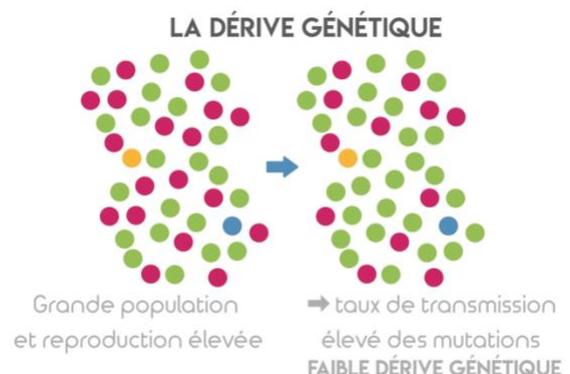
Voyons d'abord la source initiale de la diversité : la mutation. Les mutations créent des variations dans la séquence même de l'ADN et génèrent donc de la nouveauté, de nouveaux allèles. Le flux est très faible, à chaque génération un individu ne transmet que quelques variations nouvelles. Par exemple, des chercheurs ont étudié la vitesse à laquelle apparaissent des allèles nouveaux sur un gène ayant joué un rôle très important dans la domestication du maïs. Selon la forme de ce gène, *Tb1*, ou *teosinte branched 1*, la plante est soit buissonnante comme chez la *Téosite*, ancêtre du maïs soit une plante construite autour d'une grosse et unique tige comme dans les variétés modernes. Ils ont trouvé que pour observer un nouveau mutant sur un site particulier de la séquence ADN de *tb1*, il faudrait examiner près de 50 millions de plantes individuellement.



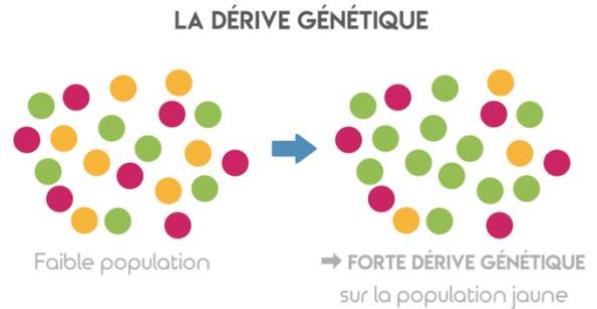
La dérive génétique

La quantité de variation dépend aussi de la probabilité d'être transmise de génération en génération au sein d'un groupe d'individus qui se reproduisent entre eux. En effet, par chance ou malchance, certains individus, bons ou mauvais, donnent plus de descendants que d'autres. Par exemple, si la plante est consommée par un prédateur ou pour toute autre raison, meurt ou n'atteint pas le stade adulte, elle ne pourra jamais transmettre ses gènes. Ainsi toutes les formes de gènes qu'elle était seule à porter disparaissent. Ce phénomène, que l'on appelle la **dérive génétique**, érode donc, sur tout le génome, la diversité accumulée par mutation.

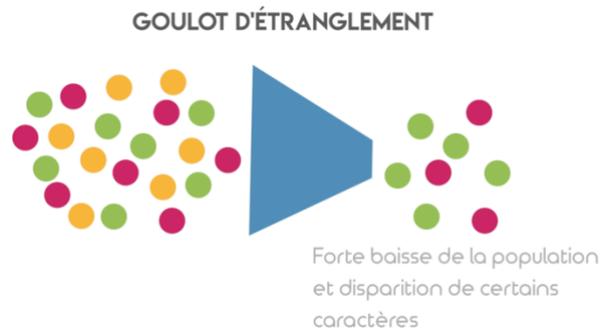
Ce phénomène est négligeable quand un grand nombre d'individus échangent leurs gènes pour former la génération suivante. Lorsque les effectifs reproducteurs dépassent plusieurs milliers d'individus comme dans une variété locale de maïs mêmes les allèles rares sont portés par plusieurs individus et sont transmis bon an mal an. C'est pour cela que les plantes sauvages, ancêtres des plantes cultivées ont souvent beaucoup de diversité génétique, car elles ont accumulé des variations pendant des centaines de milliers d'années dans des groupes à forte démographie.



Par contre, cette dérive génétique est particulièrement forte lorsque seulement quelques individus se reproduisent. Cela a été souvent le cas lors de la domestication, puisque les plantes gardées par l'homme de génération en génération ne représentaient qu'un échantillon de la génération précédente.



Les catastrophes, sécheresse ou épidémies créent aussi de telles perturbations démographiques. Ces événements sont appelés goulots d'étranglement. Plus ce goulot est petit et plus l'épisode dure longtemps, plus les pertes de diversité sont élevées.



En cas de perte massive de diversité, il faut plusieurs dizaines à plusieurs centaines de milliers d'années pour restaurer un niveau raisonnable de diversité par la mutation. Les formes sauvages constituent à ce titre un réservoir encore mal exploité de diversité.

Regardons comment la diversité a été façonnée par les agriculteurs.

Après la domestication et la dispersion des espèces dans leur aire de culture actuelle, une nouvelle dynamique s'est instaurée. Les plantes ont été confrontées à des situations extrêmement variées de conditions climatiques, de sols, de nouveaux pathogènes de nouvelles pratiques culturales et d'usage.

Sur plusieurs millénaires, les agriculteurs ont peu à peu modifié les plantes à leurs usages et les ont adaptées sur un nombre incommensurable de caractères par une sélection consciente ou inconsciente. Chaque agriculteur produisait ses graines, ses propres plants ; chaque plante avait une chance de se reproduire. Le nombre total de plantes cultivées à chaque génération étant gigantesque sur l'aire de la culture, des mutations favorables à ces nouvelles conditions de culture ont été sélectionnées.

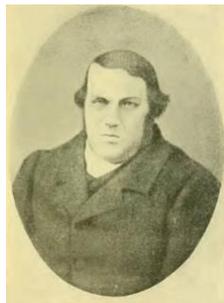
Cette nouvelle diversité, recombinaison avec les gènes hérités de la forme sauvage, a permis une diversification très marquée en variétés locales. Cela dans un espace géographique immense pour des espèces comme le riz ou le blé, et ce durant plusieurs millénaires. La diversité créée par les paysans du monde entier s'accumule et finit par constituer un réservoir de diversité, patrimoine de l'humanité. Encore beaucoup de pays du Sud ont gardé ce système semencier.

Abordons maintenant la phase actuelle. Au début de la sélection moderne, les variétés locales servent à créer les premières **variétés élités**. Ces dernières, très performantes et homogènes, sont rapidement adoptées par les agriculteurs qui abandonnent leurs variétés locales.

Avec le développement de l'agriculture moderne, les rôles changent : les sélectionneurs améliorent les variétés et confient la production de semences à une filière spécialisée. Le paysan achète ses semences et devient producteur. Les plantes cultivées dans les champs ne sont plus ressemées, elles sont consommées, et donc elles ne transmettent plus leur patrimoine génétique.

La sélection est très efficace pour répondre aux défis toujours changeants, comme nourrir une population toujours plus importante, produire de manière durable... mais la dérive génétique est forte. Un fort progrès génétique nécessite de croiser les variétés modernes entre elles. L'**apparentement** augmente et d'importantes surfaces ne sont cultivées qu'avec quelques variétés, le plus souvent génétiquement homogènes. Des accidents de production peuvent arriver par exemple si toutes les variétés cultivées sont sensibles à une nouvelle souche émergente d'un pathogène particulièrement virulent.

Si la diversité est moins présente dans les champs, heureusement des semences de milliers de variétés anciennes et de formes sauvages ont été rassemblées par de grands collectionneurs comme Nikolai Vavilov en Russie, Louis de Vilmorin ou André Cauderon en France. Elles sont conservées dans des banques de gènes.



Louis de Vilmorin



Nikolai Vavilov



André Cauderon

Ces collections *ex situ* fournissent très souvent des solutions agronomiques comme source de nouveaux gènes de résistance lorsque apparaissent de nouvelles souches de pathogènes (rouille noire chez le blé), les nouvelles saveurs (les tomates cerises) ou même de nouvelles utilisations de la plante, comme le sorgho teinturier qui produit un colorant rouge.

La diversité recueillie dans ces formes sauvages, ancestrales ou anciennes est devenue une ressource génétique indispensable à l'amélioration des plantes modernes. Des exemples très nombreux peuvent être donnés des verrous agronomiques, industriels ou sanitaires que les **ressources génétiques** ont permis d'ouvrir. Leur utilisation permet de réinjecter régulièrement de la diversité dans nos champs par le travail des sélectionneurs. Mais il s'agit là d'une vision minière des ressources génétiques. Nous vivons sur le patrimoine multimillénaire accumulé, mais nous ne le faisons plus fructifier.

Des agriculteurs souvent accompagnés par la recherche publique relancent une dynamique évolutive, en créant des populations locales, au sein de réseaux qui échangent semences et pratiques. Cette gestion *in situ* ou à la ferme permet de relancer les processus d'accumulation de nouvelles mutations, de la création de nouveaux types de variétés plus complexes soumis en continu à la sélection naturelle et humaine.

Les deux systèmes de gestion de la diversité *ex situ* et *in situ* sont amenés à être articulés dans l'avenir pour assurer la sécurité et la dynamique de la diversité des plantes cultivées. La conservation *ex situ* assure la sécurité de la conservation, la documentation, l'évaluation et la mise à disposition des ressources génétiques tandis que la gestion *in situ* assure que nos espèces cultivées continuent à évoluer de manière dynamique et durable au contact de leur environnement, naturel et humain.

3) Comment conserver et utiliser durablement la diversité des espèces cultivées ?

Les enjeux de la conservation de la diversité à travers les ressources génétiques de Fabrice DREYFUS - vidéo 17

Que sont les ressources phytogénétiques ? Historiquement, les plantes cultivées sont issues d'un long travail de domestication et de sélection par l'homme. Ces plantes ont été sélectionnées pour leurs qualités nutritionnelles (les céréales), gustatives (les épices), pharmacologiques (le nombre de plantes médicinales est impressionnant) technologiques, esthétiques, voire leur simple conformité à la tradition. Elles répondent ainsi aux besoins d'un groupe humain qui peuvent être très divers : des besoins alimentaires, médicaux, ne pas oublier les besoins liés à l'artisanat voire l'industrie (tout ce qui tourne autour du bois : la menuiserie, la pâte à papier, mais aussi l'amidon, les fibres, le tissu), les usages culturels, religieux, récréatifs et les ressources phytogénétiques à caractère ornemental qui jouent un rôle si important dans la vie de chacun d'entre nous.

Les **espèces sauvages apparentées** aux espèces cultivées sont les espèces végétales utilisables en croisement avec des espèces cultivées dans le cadre de la sélection variétale. Et c'est l'ensemble des ressources, plantes cultivées d'une part et espèces sauvages apparentées d'autre part, qui constitue ce que l'on appelle les **ressources phytogénétiques**. Elles sont une composante essentielle des solutions aux problèmes qui se profilent, ou d'ailleurs sont déjà là.



On le sait, l'ère actuelle est celle des dérèglements climatiques liés aux changements globaux et à l'accroissement des échanges internationaux. Les différents systèmes de production agricole et alimentaire au niveau national sont déjà soumis à l'incertitude croissante quant aux conditions météorologiques, à la pression phytosanitaire toujours renouvelée, voire à l'apparition d'espèces invasives.

L'immense diversité des combinaisons génétiques présentes dans les ressources phytogénétiques, identifiées et sélectionnées par l'humanité au cours du temps dans une grande variété d'environnements climatiques, pédologiques, sanitaires, fait de cet ensemble un vivier dans lequel puiser une large gamme de solutions potentielles.

Cela fait de la gestion et de la conservation des ressources phytogénétiques des activités indispensables pour disposer d'une large base génétique permettant le renforcement de la résilience des systèmes, tout comme l'innovation dans le matériel végétal en réponse aux enjeux. Car plus on connaît, plus on fait vivre, plus on conserve de gènes adaptés à un grand nombre de climats et d'environnements, mieux on est en mesure de répondre aux enjeux d'aujourd'hui et de demain.

Le rôle des ressources phytogénétiques dans l'élaboration de solutions au niveau national se décline aussi au niveau international. Là, les enjeux sont exacerbés et se déclinent à une échelle beaucoup plus importante avec des effets combinés d'une démographie croissante et d'événements lourds de conséquences tels que par exemple la montée des océans et les menaces sur les terres agricoles, en réduction un peu partout dans le monde.

Nourrir la population en 2050 apparaît comme un véritable défi, pour lequel d'ailleurs les Nations Unies ont reconnu l'importance des ressources phytogénétiques. Et c'est dans ce sens que la France est engagée dans le [Traité International sur les Ressources Phytogénétiques pour l'Alimentation et l'Agriculture](#) avec pour acronyme le **TIRPAA**.

Au-delà de l'agriculture, c'est la société tout entière qui est concernée. Elle n'est pas seulement confrontée à un avenir changeant, mais elle fait face, aujourd'hui, en France et ailleurs, à une multiplication des modes de vie, de consommation, et de production toujours plus contrastés, correspondant à des consommateurs et à des groupes sociaux spécifiques.

La diversité de ses groupes, de leurs besoins, de leur mode de vie, et l'incertitude sur la manière dont ces besoins et modes de vie peuvent évoluer posent aux producteurs, mais aussi aux transformateurs, des questions de stratégie économique déterminantes.

Les ressources phytogénétiques sont non seulement un atout dans la recherche de résilience face aux changements globaux comme on l'a dit, mais elles apparaissent aussi comme un élément important de l'innovation dans la production, la transformation, la distribution au service d'une société en évolution rapide, d'une part à la recherche de goût et d'usage nouveau mais aussi, d'autre part, à la recherche de son passé, d'identité et de rapport au terroir.

Dans cet ordre d'idées, les ressources phytogénétiques ne sont pas seulement des ressources pour l'innovation, elles sont aussi une manifestation du passé. Elles résultent d'un lieu, d'une époque. Elles sont nées quelque part, elles résultent d'une interaction entre un lieu, une époque et un groupe humain. C'est là que s'est fait leur développement et ainsi, elles ont acquis une valeur patrimoniale. Elles sont l'expression d'une tradition, voire d'une culture, mais elles sont menacées.

Les menaces qui pèsent sur les ressources phylogénétiques

Elles sont menacées à deux titres :

- parce qu'elles ne sont pas toujours, voire quelquefois pas du tout, prises en charge par le marché. Ainsi, le coût de leur conservation, de leur protection, de leur multiplication n'est pas assuré par le simple jeu économique ;
- elles peuvent être aussi menacées par les changements dans leur écosystème, dans l'environnement dont elles sont originaires.

En face de ces deux menaces, la société se pose alors la question de leur conservation. Aujourd'hui, face à la diversité des modalités de conservation et de gestion qui sont pratiquées sur le territoire, il s'agit d'appuyer l'existant et d'innover pour améliorer l'efficacité, la durabilité et les synergies entre les acteurs et les pratiques.

Tel est le rôle confié à la section transversale relative à la conservation des ressources phylogénétiques d'espèces cultivées et de leurs apparentées sauvages au sein du CTPS, le Comité Technique Permanent pour les Semences, mise en place en novembre 2015 par arrêté du ministère de l'Agriculture.

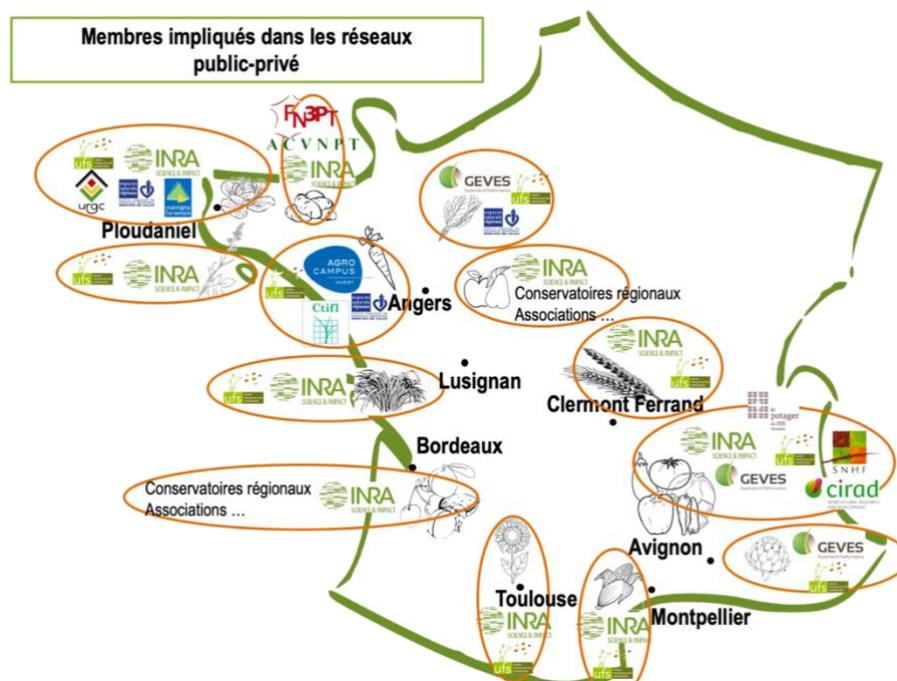
Les acteurs de la conservation des ressources génétiques de Audrey DIDIER - vidéo 18

La conservation des ressources phytogénétiques d'espèces cultivées et de leurs apparentées sauvages (RPG), qui sont les espèces avec lesquelles les espèces cultivées peuvent se croiser, repose sur une très grande diversité d'acteurs.

En métropole et outre-mer, une vingtaine de centres de ressources biologiques maintiennent des collections *ex situ*, c'est-à-dire en dehors de leur milieu naturel, sur environ une cinquantaine d'espèces. Ces centres, majoritairement dans des instituts de recherches publics, gèrent des collections en chambres froides ou en **vergers conservatoires**, selon des normes qualité.



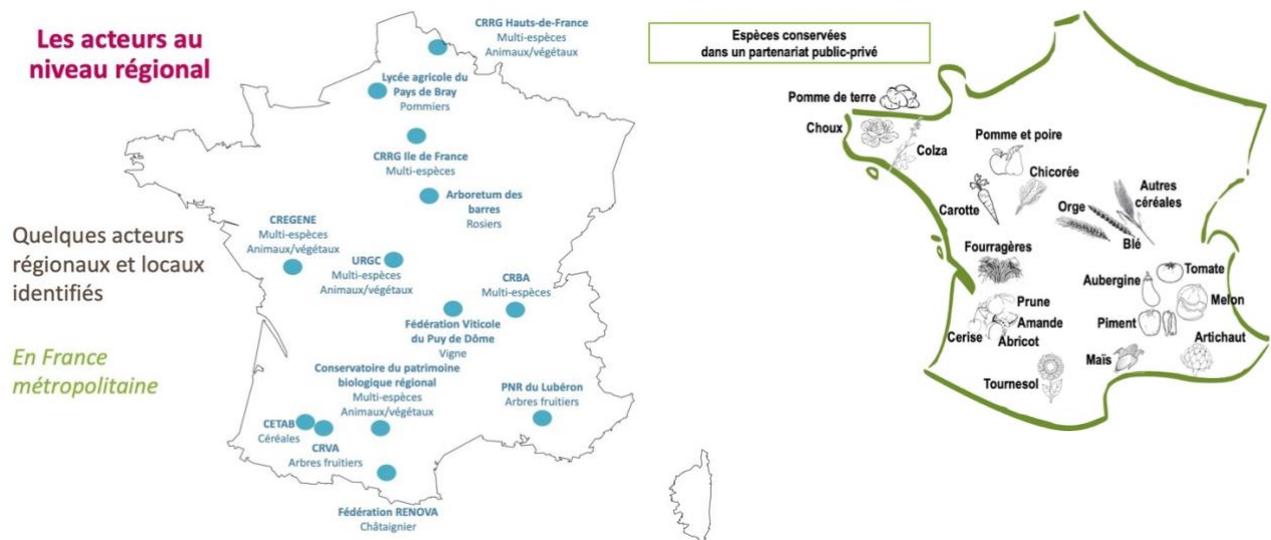
Ces instituts publics et certains sélectionneurs, conservatoires régionaux, associations... ont également établi 13 réseaux de conservation permettant de mutualiser les compétences et les moyens autour de la conservation des ressources.



En fonction des réseaux, les partenaires se partagent les ressources à multiplier. Ils peuvent aussi participer à des projets de caractérisation permettant de mieux décrire la ressource comme son comportement vis-à-vis des maladies par exemple. C'est le cas du réseau Promaïs que vous aborderez plus tard.

Pour des espèces dites « **orphelines** », car sans collection maintenue sur le long terme telle que la lentille, le haricot, l'oignon, des réseaux de conservation sont en cours de création.

Au niveau des territoires, les centres régionaux de ressources génétiques, les conservatoires botaniques, les parcs naturels ou encore les collectivités locales conservent leurs collections à la fois *in situ*, c'est-à-dire dans leur milieu naturel et *ex situ*.



Ils développent des actions pour relancer les savoir-faire traditionnels et intégrer les variétés anciennes locales dans une filière économique.

C'est le cas par exemple du Haricot Lingot du Nord remis en avant par le centre régional de ressources génétiques des Hauts de France avec le séchage traditionnel des récoltes dit « en perroquet ».

Des agriculteurs, des associations et des particuliers ont également développé de fortes expertises dans la gestion majoritairement « à la ferme » des ressources phytogénétiques. Ils cherchent à adapter des variétés en les laissant évoluer dans leurs terroirs et à les valoriser en filières courtes en lien avec les savoirs traditionnels.

En ce qui concerne les ressources, des collections appelées « collection nationale » sont définies. Elles regroupent l'ensemble des ressources phytogénétiques ayant eu ou ayant une importance pour la France, pour leur valeur patrimoniale, agronomique ou scientifique.

On peut citer pour exemple l'artichaut « gros vert de Laon » appelé aussi « tête de chat » qui a été une variété très populaire au 19^e siècle.

En 2015, plus de 120 000 ressources phytogénétiques, conservées *ex situ*, ou maintenues *in situ* et « à la ferme », par plus de 120 acteurs, ont déjà été répertoriées. Le ministère de l'Agriculture a confié au GEVES l'animation de la coordination des acteurs de la conservation et l'identification des collections.

À noter que depuis 2018, les gestionnaires de collections peuvent être officiellement reconnus en tant que tel par l'État. Un annuaire des acteurs, de leurs rôles et des collections est d'ailleurs en cours d'élaboration.

Au niveau européen, un **réseau collaboratif, ECPGR**, regroupant 43 pays, permet de travailler collectivement sur l'amélioration de la conservation, de la caractérisation et de la valorisation des ressources conservées en Europe. Il participe notamment à la mise à jour de la base de données EURISCO rassemblant les ressources phylogénétiques conservées au niveau européen.

Au niveau international, de grands centres de ressources phylogénétiques, les **CGIARs**, ont été mis en place sous l'impulsion des Nations Unies et de la FAO au début des années 70 sur des espèces majeures. Ces centres ont pour missions de conserver sur le long terme les collections et de les mettre à disposition, notamment des pays en voie de développement, à travers des programmes de sélection.

C'est dans l'objectif de faciliter l'accès et le partage des avantages que le Traité international sur les ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture, appelé **TIRPAA** a été établi. 64 espèces ont été identifiées, du fait de leur importance pour l'alimentation, pour faire partie d'un « pot commun ». La **France** y contribue par la **mise à disposition des collections nationales**, à ce jour **l'aubergine, l'avoine, le blé tendre, les espèces fourragères, le maïs, la pomme de terre et le triticale**. Le fonds de partage des avantages du TIRPAA permet de financer des projets renforçant les capacités des pays en développement, en améliorant l'échange d'informations et le transfert de technologies pour la conservation et l'utilisation durable des ressources phylogénétiques.

Au nord de la Norvège, dans le permafrost, chaque centre de ressources international ou national peut déposer des ressources phylogénétiques dans le **Svalbard Seed Vault**. Il doit cependant assurer le suivi de leur capacité à germer et, si nécessaire les multiplier de nouveau. Cela permet d'assurer un échantillon de sauvegarde de ces collections à l'abri des aléas climatiques et éloigné des conflits humains.

La section RG du CTPS pour la conservation des RG de Fabrice DREYFUS -vidéo 19

D'abord, il faut savoir que la **section relative à la conservation des ressources phytogénétiques (RPG) et leurs espèces apparentées sauvages**, que j'ai l'honneur et le plaisir de présider au sein du **comité technique permanent pour les semences (CTPS)**, c'est d'abord une réunion qui cherche à mettre en contact des acteurs représentatifs d'une grande diversité :

- une grande diversité institutionnelle : on a parmi nos membres des bénévoles, des acteurs associatifs, on a des acteurs privés, des industriels, des transformateurs, on a des acteurs publics, tous les ministères qui sont concernés à un titre ou à un autre par la conservation des ressources phytogénétiques sont là ;
- une grande diversité en termes de spécialisation, c'est-à-dire que beaucoup de nos membres sont spécialisés sur telle ou telle espèce et ils en couvrent une large gamme ;
- une grande diversité d'objectifs aussi, ils sont très divers puisqu'on a parmi nos membres, des chercheurs, mais aussi des amateurs, etc.

Cette section est construite autour d'une conscience commune. La conscience que c'est dans les ressources phytogénétiques que se trouvent de nombreux éléments de réponse aux défis et aux besoins de notre agriculture. On pense en premier lieu aux problèmes phytosanitaires qui vont croissant, et à la recherche de **résilience** chaque jour plus nécessaire. Mais au-delà de l'agriculture, il y a aussi les besoins de notre société en perpétuelle exploration d'usages ou de goûts nouveaux ou simplement renouvelés.

Cette section réunit aussi des membres qui partagent la reconnaissance, comme l'illustrent aujourd'hui les pertes considérables de biodiversité dans tous les compartiments du vivant, des menaces qui pèsent aussi sur les ressources phytogénétiques, sur notre patrimoine végétal cultivé et sauvage.

Ces ressources peuvent être mal voire pas du tout prises en compte par le marché. Elles peuvent aussi faire face à la dégradation croissante des écosystèmes dans lesquels elles se sont développées. Et cette double menace, ce constat, fait que la section s'engage aujourd'hui collectivement dans l'appui aux conservateurs de ce patrimoine végétal : en travaillant ensemble à la recherche des moyens nécessaires pour sauver ce qui risque de disparaître, pour accompagner voire former d'une génération à l'autre, les femmes et les hommes, très souvent bénévoles, qui consacrent le meilleur d'eux-mêmes pour aider à créer entre eux les synergies indispensables à l'efficience, la pérennisation et surtout la valorisation de leur travail.

La section ressources phytogénétiques assume la charge de constituer une collection nationale de ses ressources phytogénétiques patrimoniales, fruit des efforts de chacun des acteurs qui se reconnaîtront dans nos objectifs et dans nos valeurs.

Au premier rang de ces valeurs se trouve la solidarité. Solidarité entendue dans ses deux acceptions.

La première acception, celle de la **solidarité avec les acteurs les plus fragiles**, les plus démunis, ces conservateurs qui n'ont pas forcément les moyens de mener à bien leur passion. C'est le sens de notre engagement national, mais c'est aussi le sens de notre engagement dans le monde auprès des pays et

des acteurs pour lesquels notre patrimoine végétal pourrait être un moyen de faire face à leurs problèmes ou besoins.

Mais il s'agit aussi d'une solidarité, au sens d'indissociabilité, comme les éléments d'un même système, le système monde dans lequel à notre tour nous avons et aurons besoin des ressources génétiques patrimoniales d'autres pays et d'autres acteurs pour faire face à nos propres problèmes.

Au-delà de la solidarité, une autre valeur caractérise l'ensemble de nos actions. C'est la certitude que c'est par le débat, par le compromis, par la co-construction que l'on pourra tirer le meilleur de cette diversité qui constitue notre section, pour pouvoir ainsi soutenir durablement l'activité de nos groupes de travail, dans lesquels nos membres s'investissent bénévolement, avec beaucoup d'humilité et de capacité d'écoute.

Cette humilité est d'autant plus importante et nécessaire que nos travaux n'ont guère de précédents. Il nous faut inventer, tant sur le plan des textes que des stratégies financières. Nous sommes conscients que nous traçons un chemin nouveau et qu'il nous faut avancer ensemble.

Enfin, cet ensemble ne se limite pas aux seuls membres de la section. Chacun d'entre nous, dans cette section, est aussi porté par ses propres réseaux, son propre faisceau d'engagements auprès d'acteurs, d'amis, de collaborateurs, envers lesquels nous sommes tous redevables. Plus largement d'ailleurs, c'est envers la société tout entière que notre section se sent responsable. Et je terminerai par l'affirmation très claire de notre volonté de transparence en interne, vis-à-vis de notre mandant le ministère de l'Agriculture, et plus largement en direction du grand public.

La conservation des RG à travers l'expérience du réseau Pro maïs de Jean Beigbeder -vidéo 20

La diversité biologique, ou biodiversité, des plantes constitue une réserve qu'on appelle **ressources génétiques**. L'intérêt de ces ressources peut être alimentaire, textile, pharmaceutique ou industriel.

Dès la fin du 19^e siècle, pour chaque agriculteur qui s'installait en ville ou mourait sans successeur, c'étaient des variétés qui n'étaient plus cultivées et disparaissaient. Pour empêcher cette perte de diversité, plusieurs acteurs ont poursuivi cette conservation : conservateurs, agriculteurs, sélectionneurs. Parmi eux, les conservatoires internationaux, comme le CIMMYT au Mexique, ou nationaux, ont pris le relais, au service de la biodiversité.

La conservation des ressources génétiques du maïs par le « Réseau maïs »

Le « **Réseau maïs** » **géré par l'INRA et Pro-Maïs, une association de sélectionneurs privés**, réalise la conservation des ressources génétiques du maïs en France.

L'objectif du réseau est de coordonner la gestion, sur le long terme, d'une collection de 1 300 ressources génétiques, variétés anciennes et plus récentes de maïs ! Certaines ressources sont utilisées aujourd'hui ; d'autres constituent les « réservoirs » de demain.

Parmi les 1 300 variétés, nous avons à la fois :

- la ressource sauvage, « ancêtre sauvage » comme la **téosinte** pour le maïs ; elle constitue une source potentielle de **résistance à des maladies fongiques et à des virus** ;
- la ressource domestique : *Zea mays mays*, le maïs, que nos ancêtres travaillent depuis 9 000 ans. L'homme a repéré et gardé des mutations de grand intérêt pour la culture et l'alimentation : grains nus et collés sur une rafle, qui ne se détachent pas tout seuls pour tomber sur le sol à maturité.

Il faut évidemment conserver ces caractères et aussi tous ceux que l'homme a sélectionnés pour adapter le maïs à toutes les régions du monde. Ils seront indispensables pour faire face aux changements d'environnement à venir, comme les changements climatiques.

Alors, concrètement, comment conserve-t-on nos ressources ?

Les conservateurs ont plusieurs options :

Les conserver dans le milieu où elles ont acquis leurs caractéristiques, ce qui correspond à de la conservation *in situ*. Par exemple, la population de Lourdios devrait être conservée dans la haute vallée d'Aspe. La conservation *in situ* est l'idéal d'une conservation dynamique, mais elle n'est pas utilisée pour des raisons économiques. En effet, il faudrait chaque année cultiver des milliers de variétés dans des milliers de champs isolés dispersés sur des milliers de localités d'origine.

Les conserver hors de leur milieu d'origine, c'est-à-dire une conservation *ex situ*, c'est l'option prise par notre réseau. On conserve les variétés en chambre froide, à l'INRA de Montpellier. Régulièrement, on les multiplie au champ. Les sélectionneurs réalisent 200 croisements minimum pour chaque population. Cela permet de conserver la totalité de la diversité génétique de chaque variété.

Enfin, qui peut les utiliser ?

Une partie d'entre elles (530, celles qui sont d'origine française) est disponible. Elle peut être échangée et valorisée selon les règles du Traité International sur les Ressources Phytogénétiques pour l'Alimentation et l'Agriculture de la FAO. Les membres du réseau mettent à disposition et diffusent ces ressources génétiques.

Ils participent aussi à leur maintien. Ils les conservent, les décrivent, les caractérisent et les données en résultant sont regroupées dans une base de données consultable en ligne. Nous avons des demandes régulières de la part de sélectionneurs, d'enseignants, mais aussi de paysans qui cultivent des variétés de populations, ou de jardiniers amateurs. Ces ressources, ce sont les jardiniers, les agriculteurs et les sélectionneurs qui les font vivre. Tout le monde peut les utiliser, car les semences des collections nationales sont à la disposition libre et gratuite des citoyens.

Et, plus on les utilise, plus la diversité des ressources du maïs s'enrichit : c'est un cercle vertueux où chacun a son rôle.

Participons tous à la gestion de ces ressources !

Les essentiels de la semaine 2

Conclusion de la semaine 2 avec Maria MANZANARES-DAULEUX & Lucien LAIZE - vidéo 21

Il y a différentes échelles de la diversité cultivée. La diversité des plantes cultivées fait partie de la biodiversité au sens large.

Parmi les plantes cultivées, il y a une grande diversité d'**espèces**, c'est la **diversité interspécifique**, et au sein de chaque espèce, on retrouve encore une diversité de **variétés**, c'est la **diversité intra-spécifique**.

On observe la diversité des plantes cultivées au niveau du **phénotype**, c'est-à-dire dans les traits qu'on **observe au champ**, par exemple. Mais également au niveau du **génotype**, c'est-à-dire dans leur **programme génétique**.

L'ADN est le support de l'information génétique de tous les êtres vivants. Quel que soit l'être vivant, l'homme, l'animal, la plante ou la bactérie, **le « code génétique » est le même pour tous**.

La **diversité des plantes** sauvages et cultivées est le fruit des **mutations génétiques**, des variations spontanées naturelles de la séquence d'ADN.

La **quantité de variations est faible** et se transmet de **génération en génération**.

Le potentiel de création naturelle de la diversité est donc un **processus lent** qui dépend de la **probabilité de transmission d'une mutation**. C'est le phénomène de la **dérive génétique**.

L'évolution des espèces végétales est intimement liée à l'évolution de l'homme.

La **domestication des plantes** a permis le développement de l'agriculture. Puis cela a continué avec la sélection des variétés. L'homme conserve les caractères les plus intéressants des plantes et peut ainsi cultiver des variétés qui donneront des aliments bons pour la santé, non toxiques ou riches en éléments nutritifs par exemple. Les plantes sélectionnées sont aussi plus adaptées aux pratiques des agriculteurs.

La **conservation et l'utilisation durables du patrimoine génétique des espèces et variétés cultivées et de leurs apparentées sauvages**, qu'on appelle ressources génétiques, permettent de concilier diversité et évolution de l'homme et de la société.