

:

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf Mila
Département des Sciences de la Nature et de la Vie



COURS

BIODIVERSITÉ ET

AMÉLIORATION DES PLANTES

Dr. BELATTAR, H

SOMMAIRE

Chapitre I : Biodiversité

Introduction	1
1 . Historique du concept biodiversité.....	1
2 .Définition de la biodiversité	2
3 .Les trois niveaux de la biodiversité.....	2
3 .1.La diversité génétique (des gènes = intra-spécifique).....	2
3.2. La diversité spécifique (des espèces = interspécifique).....	3
3.3. La diversité écosystémique (des écosystèmes).....	4
4 .Valeurs économiques (monétaires) de la biodiversité.....	4

Chapitre II : Méthodes d'évaluation et de mesure de la biodiversité

1. Mesures de la biodiversité	7
1.1. Richesse spécifique (nombre d'espèces).....	7
1.2. Diversité spécifique.....	7
1.3. Diversité dans l'espace.....	9
1 .4.Diversité taxonomique.....	9
1.5. Diversité fonctionnelle	10
2 . Difficultés de mesure de la biodiversité	10
3 .Les bioindicateurs de biodiversité.....	11
3.1. Les bioindicateurs d'accumulation.....	12
3 .2.Les bioindicateurs d'effet ou d'impact.....	12

Chapitre III: Stratégies en Amélioration des plantes

Introduction	14
1.Définition de l'amélioration génétique des plantes	14
2Objectifs de l'amélioration des plantes	14
3.Le rôle de l'améliorateur des plantes	15

:

4.La domestication.....	15
5.Modes de reproduction des plantes	16
5-1- L'autogamie	16
5-2- L'allogamie	17
5.3.Auto-incompatibilité et stérilité mâle.....	18

Chapitre IV : Hérédité polyfactorielle

1.Variation génétique.....	22
1.1- Nature de la variation génétique	22
2. Modes d'actions des gènes	22
2.1.Interaction intra-locus.....	22
2.2.Interaction inter-locus.....	23

Chapitre V : consanguinité et Hétérosis

1.La consanguinité.....	25
1.1.Les effets d'inbreeding ou de la consanguinité.....	25
1.2.Les conséquences de l'effet d'inbreeding.....	25
1.3. Les effets de la consanguinité sur les fréquences génotypiques	26
2.L'hétérosis (vigueur d'hybride).....	26
2.1. Définitions	26
2.2 Explication de l'hétérosis	26
3.Utilisation de l'hétérosis.....	27

Chapitre VI : Méthodes de Création de variabilité

1.Création de variétés par croisements dirigés intraspécifiques	29
2.Création de variétés par croisements dirigés interspécifiques	29
3.Création de variétés par mutagenèse.....	29
a. Création variétale par fusion de protoplastes (hybridation somatique)	30
b. Création variétale par transgénèse.....	31
c. Création de variétés par modifications somatiques	31

:

Chapitre VII : Méthodes de sélection

1.La sélection.....	33
1.1.sélection dans la population hétérogène	33
2- Sélection après hybridation	34
2.Les méthodes	37
1. Sélection Pedigree.....	37
2. Sélection par la méthode SSD (Single-Seed-Descent).....	38
3. Backcross.....	38

Dr. BELATTAR.H

BELETTAR.H

Chapitre I :
Biodiversité

Introduction

La diversité biologique est en recul sur l'ensemble de la planète. Ces dernières décennies, le rythme des extinctions s'est fortement accéléré à cause des activités humaines qui perturbent fortement les écosystèmes et les espèces qui les composent et qui y vivent. Tous les biologistes qui travaillent sur la biodiversité sont d'accord pour dire que, si nous continuons à détruire certains environnements naturels, à la fin du 21^{ème} siècle nous aurons éliminé la moitié des plantes et animaux de la planète. Les principales causes sous-jacentes de cette perte de biodiversité sont : les changements d'utilisation des terres, l'utilisation et l'exploitation non durables des ressources naturelles, les espèces exotiques envahissantes, le changement climatique mondial et la pollution.

La biodiversité nous fournit les conditions favorables à la vie sur la Terre, alors préservons-la. L'humain a donc la responsabilité morale à inverser la tendance car il est en très grande partie la cause directe de ces extinctions. Il est capable de freiner cette érosion s'il change son mode de vie, sa relation avec la nature et veille à la préservation de la biodiversité. Aujourd'hui, de nombreuses actions sont mises en place dans le domaine de la conservation et de la restauration de la biodiversité. Même s'il reste encore beaucoup à faire, ces actions sont de plus en plus nombreuses et de plus en plus efficaces. Pour y arriver, le développement de nos connaissances sur la biodiversité et l'éducation ont un rôle central à jouer.

1 . Historique du concept biodiversité

Le concept de *diversité biologique* (biological diversity) est apparu dans les écrits de *Thomas Lovejoy*, un biologiste Américain, en 1980. Le terme *biodiversité* (biodiversity) lui-même a été inventé en 1985 par *Walter G. Rosen*, lors de la préparation du *Forum Américain sur la diversité biologique* organisé, et a été utilisé dans le titre du compte rendu de ce forum, en 1988.

Le mot « biodiversité » apparaît pour la première fois en 1988 dans une publication de l'entomologiste américain *Edward O. Wilson* à l'occasion du *Forum national Américain sur la diversité biologique*. Le mot *biodiversité* avait été jugé plus efficace en termes de communication que *diversité biologique*.

En juin 1992, dans le sommet planétaire de Rio de Janeiro organisé par les Nations Unis, le mot biodiversité a marqué son entrée en force sur la scène internationale. Un sommet dans lequel tous les pays ont décidé au travers d'une convention mondiale sur la biodiversité de faire une priorité de la protection et la restauration de la diversité du vivant, considérée comme une des principales ressources vitales de la planète.

2. Définition de la biodiversité

La biodiversité, contraction de « diversité biologique », fait référence à la variété du monde vivant. C'est la diversité de toutes les formes de vie animale, végétale, microscopique sur terre, et de toutes les relations que ces espèces tissent entre elles et avec leurs milieux.

Il est évident que le terme biodiversité est interprété différemment selon les groupes sociaux en présence. Systématiciens, économistes, agronomes ou sociologues, ont chacun une vision sectorielle de la biodiversité. *Les biologistes* la définiront comme la diversité de toutes les formes du vivant. *L'agriculteur* en exploitera les races et les variétés à travers des sols, des territoires et des régions aux potentialités multiples. *L'industriel* y verra un réservoir des gènes pour les biotechnologies ou un ensemble de ressources biologiques exploitables (bois, pêche, ...etc.). Quant au *public*, il s'intéresse le plus souvent aux paysages et aux espèces charismatiques menacées de disparition.

3. Les trois niveaux de la biodiversité

La diversité du monde vivant est en effet organisée selon trois niveaux emboîtés et hiérarchisés :

3.1. La diversité génétique (des gènes = intra-spécifique)

« C'est la variété qui existe entre les gènes (allèles) ou de la structure chromosomique à l'intérieur de l'espèce ».

La diversité génétique correspond à la diversité qui existe au sein d'une espèce, entre les individus d'une même espèce. Elle peut être apparente ou non. Elle se rapporte à la variété des gènes ou de la structure chromosomique à l'intérieur des espèces et se rencontre aussi bien chez une espèce qu'entre les espèces.

Plus une population ou une espèce est diversifiée sur le plan des gènes, plus elle a de chance que certains de ses membres arrivent à s'adapter aux modifications survenant dans l'environnement. Au contraire, moins la diversité est grande, plus les individus deviennent semblables les uns aux autres et il devient peu probable que l'un d'entre eux ait les capacités de s'ajuster à des conditions de vie différentes.

Face à une sécheresse par exemple, tous les individus d'une même espèce ne seront pas affectés de la même manière. Grâce à leur diversité génétique, certains résisteront mieux que d'autres, s'adapteront et transmettront cette capacité de résistance à leur descendance.

La variabilité génétique d'une espèce permet à celle-ci de s'adapter au sol et au climat et de résister aux différentes maladies. Elle est la base de l'amélioration des plantes (rendements, qualité organoleptique, qualité de cuisson...).

La diversité génétique a 03 origines : croisements interspécifiques, mutation spontanée et mutations induites.

3.2. La diversité spécifique (des espèces = interspécifique)

« C'est la variété qui existe au niveau des différentes espèces trouvées dans une aire donnée ».

C'est celle qui distingue les espèces les unes des autres (différences morphologiques, anatomiques, génétiques, moléculaires, etc....).

La diversité spécifique correspond à la diversité des espèces dans une région, s'exprimant par le nombre d'espèces rencontrées, mais aussi par leur appartenance à des genres, familles ou classes différentes. La diversité spécifique est la mesure de la diversité biologique au sein d'un habitat ou d'une zone géographique, et donc de la diversité de la faune et de la flore (Brahic & Terreaux, 2009).

Il est donc facile de suivre le nombre d'espèces dans un milieu et d'établir une "richesse" de ce milieu. Cette richesse dépendra du nombre d'espèces identifiées et de la surface sur laquelle l'étude se portera.

Il est alors aussi possible de faire des comparaisons entre les richesses spécifiques de deux différents milieux ou d'un même milieu mais à deux moments différents. Ces études permettent d'avoir une idée de l'état de santé d'un écosystème (Lévêque, 2008).

En effet chaque espèce peut être considérée comme jouant un rôle, et l'apparition ou la disparition de l'une d'entre elles a un impact sur le système dans son ensemble.

Ainsi l'étude de la diversité spécifique peut porter sur : le rythme d'extinction ou d'apparition des espèces, l'influence des activités humaines sur la diversité spécifique, la distribution géographique des espèces.

3.3. La diversité écosystémique (des écosystèmes)

« C'est la variété qui existe au niveau des environnements physiques et des communautés biotiques dans un paysage ».

La diversité écosystémique correspond à la diversité des écosystèmes présents sur la planète, des interactions des populations naturelles et leurs environnements physiques. Elle prend compte à la fois des composantes biotiques (espèces animales et végétales) et abiotiques (types de sol, topographie, ...etc.) (Brahic & Terreaux, 2009).

Elle fait référence à tous les différents habitats – ou endroits - qui existent sur la terre, comme les forêts tropicales ou tempérées, les déserts chauds ou froids, les zones humides, les rivières, les montagnes, ...etc.

Chaque écosystème correspond à une série de relations complexes entre les éléments biotiques (vivants) tels que les animaux, les végétaux et les microorganismes, et les éléments abiotiques (non vivants) tels que la lumière du soleil, l'air, l'eau et les éléments nutritifs.

La diversité des écosystèmes est le résultat des interactions que les espèces qu'ils abritent ont développées entre elles et avec leur milieu. Relations qui assurent à chaque espèce les conditions et les ressources nécessaires à sa survie.

4. Valeurs économiques (monétaires) de la biodiversité

La biodiversité est un atout vital des économies mondiales et locales. Elle soutient directement les grandes activités économiques et les emplois dans de divers secteurs tels que : l'agriculture, la pêche, la sylviculture, les produits pharmaceutiques, la pâte à papier et le papier, les produits de beauté, l'horticulture, le bâtiment et les biotechnologies.

Des chercheurs ont récemment tenté de quantifier, en monnaie, la valeur économique de la biodiversité et des services écologiques rendus à l'humanité. Le montant varie de 203 milliards de \$/an pour son rôle de refuge et de ressources génétiques à 19 000 milliards de \$/an pour son rôle dans les cycles des nutriments, l'épuration et la dépollution naturelle. La valeur

économique de l'activité pollinisatrice des insectes, essentiellement les abeilles, est estimée à 534 milliards de \$/an (Brahic & Terreaux, 2009).

Ce sont 33 266 milliards de \$/an qui nous sont gracieusement fournis par la biodiversité, qui est, en terme monétaire, quasi deux fois plus important que le Produit National Brut (PNB) mondial, de 18 000 milliards de \$/an (Ribière, 2013).

Tableau I . Valeurs des services écosystémiques dans les forêts tropicales (US Dollars/ha/année, valeurs de 2017) (SCDB, 2010).

Services écosystémiques	Valeurs des services écosystémiques	
	Moyenne	Maximum
Services d'approvisionnement		
<i>Nourriture</i>	75	552
<i>Eau</i>	143	411
<i>Matières premières</i>	431	1 418
<i>Ressources génétiques</i>	483	1 756
<i>Ressources médicinales</i>	181	562
Services de régulation		
<i>Qualité de l'air</i>	230	449
<i>Régulation du climat</i>	1 965	3 218
<i>Régulation du débit de l'eau</i>	1 360	5 235
<i>Traitement / Purification de l'eau</i>	177	506
<i>Prévision de l'érosion</i>	694	1 084
Services culturels		
<i>Opportunités pour les loisirs et le Tourisme</i>	381	1 171
Total	6 120	16 362

Chapitre II :
Méthodes d'évaluation et de
mesure de la biodiversité

1. Mesures de la biodiversité

Il existe de nombreuses façons de mesurer la biodiversité sur un site :

1.1. Richesse spécifique (nombre d'espèces)

En écologie, on mesure la diversité d'un échantillon par le nombre d'espèces présentes (richesse en espèces). Plus le nombre des espèces est élevé, plus on a de chance d'inclure une plus grande diversité génétique, phylogénétique, morphologique, biologique et écologique.

La richesse en espèces est l'unité de mesure la plus courante, à tel point qu'on a parfois tendance à assimiler abusivement la biodiversité et richesse en espèces. L'approche classique lorsque l'on étudie la biodiversité est de la quantifier en termes de nombre d'espèces (Lévêque & Mounolou, 2008). Par exemple, on estime la biodiversité de la forêt amazonienne à plusieurs milliers d'espèces dont *40 000 espèces de plantes, 2 200 poissons, 1 294 oiseaux, 427 mammifères, 428 amphibiens et 378 reptiles.*

La biodiversité d'une région ne se traduit pas seulement par un simple nombre d'espèces présentes. Au sein d'un écosystème, ces espèces ne sont pas équivalentes en termes de *fonction, de fréquence et distribution.*

1.2. Diversité spécifique

La diversité spécifique comprend à la fois la richesse spécifique et l'abondance relative des espèces dans un assemblage donné (groupement végétal, communauté végétale (Marcon, 2015). Il existe plusieurs indices qui mesurent la diversité spécifique : indice de *Shannon-Weaver*, indice de *Simpson*, indice de *Mill...*etc.

Exemple de l'indice de Shannon-Weaver

C'est l'indice le plus simple de sa catégorie et donc le plus utilisé. Il permet de mesurer la diversité en prenant en compte *le nombre d'espèces* (richesse spécifique) dans un milieu et *l'abondance des individus* au sein de chacune de ces espèces (équitabilité spécifique) (Marcon, 2015).

Il est représenté par un chiffre réel positif compris entre 0 (une seule espèce, ou bien une espèce qui domine très largement toutes les autres espèces) à 5 (lorsque toutes les espèces ont la même

abondance, elles sont dites codominantes). Plus la valeur de H' est élevée, plus la diversité est grande. Une valeur voisine de $H'=0,5$ est déjà très faible. Cet indice est calculé de par la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i (\log_2 p_i)$$

Où :

H' = indice de Shannon-Weaver

S = nombre total d'espèces (richesse spécifique)

i = une espèce du milieu d'étude

p_i = proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèces S , calculée par la formule $p_i = n_i/N$ avec : n_i = nombre d'individus de l'espèce i ; N = nombre total d'individus de toutes les espèces (effectif total).

$\text{Log}_2 p_i = \ln(p_i)/\ln(2)$.

Tableau. Exemple de calcul de l'indice de *Shannon-Weaver*.

Espèces de la station	Fréquence spécifique (n_i)	$p_i = n_i/N$	$\log_2 p_i$	$-p_i \log_2 p_i$
<i>Marrubium vulgare</i> L.	4	4/23 = 0.1739	- 2.5236	0.4389
<i>Olea europea</i> L.	2	2/23 = 0.0870	- 3.5236	0.3064
<i>Pistacia atlantica</i> Desf.	1	1/23 = 0.0435	- 4.5236	0.1967
<i>Ruta chalepensis</i> L.	1	1/23 = 0.0435	- 4.5236	0.1967
Asphodelus microcarpus Sal. & Viv.	4	4/23 = 0.1739	- 2.5236	0.4389
<i>Thymus ciliatus</i> Desf.	1	1/23 = 0.0435	- 4.5236	0.1967
<i>Silybum marianum</i> L.	10	1/10 = 0.4348	- 1.2016	0.5224
N (effectif total)	23			
S (richesse spécifique)	7			
Indice de Shanon ($\sum -p_i \log_2 p_i$)	2.2966			

1.3. Diversité dans l'espace

La diversité est classiquement estimée à plusieurs niveaux emboîtés (Lévêque & Mounolou, 2008) :

- ✓ **Diversité « alpha α »** : diversité locale, mesurée à l'intérieur d'un écosystème délimité. Il s'agit de la richesse spécifique (nombre d'espèces) au sein d'un habitat uniforme, de taille fixe et à un temps donné. La diversité α se mesure.
- ✓ **Diversité « bêta β »** : diversité entre sites, consiste à comparer la diversité des espèces entre écosystèmes ou le long de gradients environnementaux (topographique ou climatique). La diversité est calculée par : $\text{diversité } \beta = \text{diversité } \gamma / \text{diversité } \alpha_{\text{moyenne}}$.
- ✓ **Diversité « gamma γ »** : diversité régionale, correspond à la richesse en espèces au niveau régional ou géographique. La diversité γ se mesure.

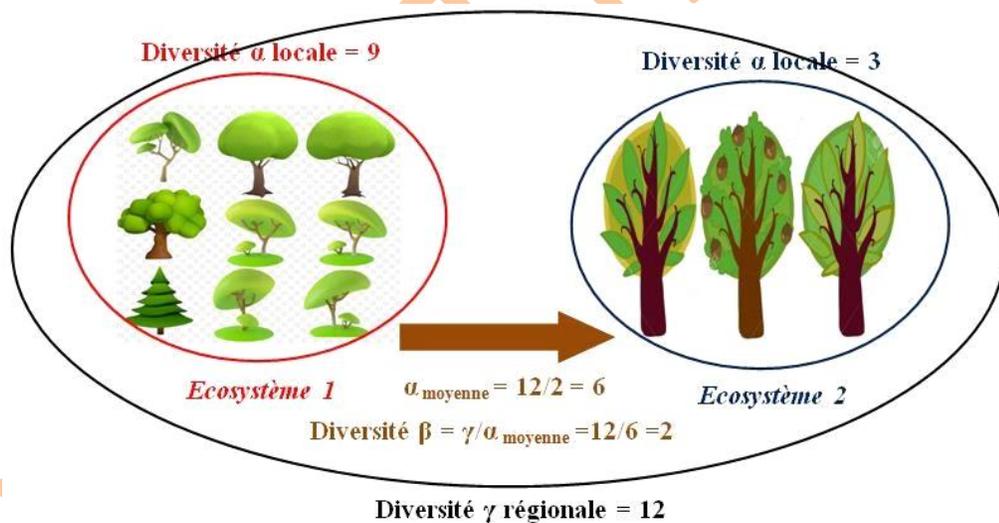


Figure. Exemple de calcul de la diversité α , β et γ .

1.4. Diversité taxonomique

La diversité taxonomique prend en compte les informations phylogénétiques (espèces, genres, familles). La diversité d'une communauté sera plus grande si les espèces appartiennent à de nombreux genres différents que si elles sont toutes du même genre (Marcon, 2015).

Par exemple, la diversité taxonomique de la flore en Algérie est estimée à 3232 espèces végétales réparties sur 917 genres et 131 familles. La diversité taxonomique au Brésil est estimée à 50 000 espèces végétales réparties sur des centaines de familles et de genres.

1.5. Diversité fonctionnelle

La diversité fonctionnelle est définie comme étant la diversité des *traits fonctionnels* qui déterminent les interactions des espèces avec les conditions abiotiques d'une part, et avec les autres espèces d'autre part (Garnier & Navas, 2013).

Il existe différentes façons pour mesurer la diversité fonctionnelle, la plus simple est de rassembler les espèces en groupes fonctionnels et de compter le nombre de ces groupes fonctionnels dans une communauté donnée.

On appelle « groupes fonctionnels » des ensembles d'espèces exerçant une action comparable (ayant *le même rôle*) sur un processus déterminé ou répondant de manière similaire aux changements des contraintes externes. C'est le cas par exemple des espèces qui exploitent la même catégorie de ressources alimentaires (par exemple les herbivores), ou l'ensemble des espèces intervenant sur certains grands cycles biogéochimiques (par exemple les fixateurs de l'azote) (Marcon, 2015).

En ce qui concerne les plantes, nous pouvons les classer par exemple selon leurs stratégies d'adaptation aux conditions de l'environnement : *espèces compétitrices* (maximisent la capture des ressources), *espèces tolérantes* (peuvent vivre dans des conditions de faible disponibilité en eau et matières minérales) et *espèces rudérales* (supportent une destruction partielle ou totale).

Une fonction peut être assurée par une seule espèce ou un nombre limité d'espèces dans un écosystème. Elle l'est parfois par un grand nombre d'espèces dans un autre écosystème. On parle de *redondance fonctionnelle*, lorsque plusieurs espèces occupent la même niche spatiale où elles assurent des fonctions similaires, même si leur importance relative peut varier.

2. Difficultés de mesure de la biodiversité

Les principales difficultés rencontrées lors de mesure de la biodiversité se résument en (Figuière *et al.*, 2006) :

- ✓ **Importance du nombre de taxons sur terre** : les chercheurs estiment que le nombre d'espèces existantes sur la planète vari entre 5 et 100 millions (la majorité des scientifiques s'accordent sur un chiffre de 10 millions). Les scientifiques découvrent chaque année entre 10 000 et 16 000 espèces. Comme il reste encore plusieurs millions d'espèces inconnues, il faudrait près de 1 000 ans pour nommer toutes les espèces de la planète.
- ✓ **Manque de moyens humains** : l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire, un rapport de synthèse remis aux Nations unis en 2005, considéré comme la première estimation de l'état de la biodiversité dans le monde. Ce rapport a mobilisé plus de 1 300 experts du monde entier issus de toutes disciplines scientifiques. En plus, on forme moins de naturalistes et de spécialistes en taxonomie.
- ✓ **Manque de moyens matériels et financiers** : notamment dans les pays du sud qui sont les plus pauvres alors qu'ils ont la plus grande diversité. Par exemple, dans un projet de conservation ,750 millions de \$ investis en 15 ans par diverses fondations associées à Convention International.
- ✓ **Difficultés de suivre les espèces** : essentiellement les espèces très mobiles, les espèces des grands fonds, les espèces du sol, les virus, les bactéries, et les espèces des zones tropicales éloignées et isolées. Par exemple, pour les *insectes*, on ne connaît que 10 % des espèces estimées. Quant aux *bactéries*, c'est 99 % des espèces qu'on ne connaît pas.

3. Les bioindicateurs de biodiversité

Théoriquement pour quantifier la diversité biologique de manière optimale, il faudrait pouvoir évaluer tous les aspects dans un contexte spatio-temporel défini. Cela étant pratiquement irréalisable, l'observateur se contente habituellement d'estimer la diversité biologique en se référant à des indicateurs.

Les indicateurs ne permettent pas réellement d'évaluer la biodiversité mais plutôt d'évaluer quantitativement et qualitativement l'état de santé du milieu dont dépend la biodiversité naturelle. Un indicateur est le résultat résumé de l'information complexe qui offre la possibilité aux scientifiques de mieux connaître et suivre l'état de la biodiversité afin de pouvoir la préserver et la conserver. Il doit être donc *fiable, précis, compréhensible* (un protocole simple) et pas *trop cher* (à un cout faible) (Markert *et al.*, 2003).

Les bioindicateurs sont des éléments appartenant au monde vivant (*animal, végétal, fongi, molécules*) qui donnent des informations sur son milieu et son environnement. Ils sont des indices de modifications biologiques ou abiotiques dues à l'action humaine (ADEM, 2017).

3.1. Les bioindicateurs d'accumulation

Organisme, partie d'organisme ou communauté d'organisme qui accumule certaines substances présentes dans l'environnement. Il est généralement caractérisé par un effet invisible. Exemple : les mousses, les plantes à bulbes (*carotte, arachide...etc.*), les végétaux supérieurs (les *Typha* par exemple) sont généralement d'excellentes espèces bio-accumulatrices des métaux lourds des sols contaminés (Pankhurst *et al.*, 2003).

Parmi les indices utilisés, nous pouvons citer : l'indice CMT-végétaux (CMT : charge métallique totale) est un bioindicateur d'accumulation des éléments traces métalliques chez les végétaux (aucune préconisation : 0 à 5 ; mise en place d'une surveillance : 5 à 10 ; zone à risque : > 10) (ADEM, 2017)

3.2. Les bioindicateurs d'effet ou d'impact

Organisme, partie d'organisme ou communauté d'organisme qui présente des modifications ou non en fonction de son exposition à diverses substances présentes dans son environnement. Ces modifications sont d'ordre *morphologique, cellulaire* ou *comportemental*. Il est donc caractérisé par un effet visible. Par exemple la visualisation des nécroses chez les végétaux suite à la pollution de l'air. En forêt, la disparition des lichens (symbiose entre algues et champignon) peut indiquer des taux élevés en dioxyde de soufre ou la présence des polluants à base d'azote (Bispo *et al.*, 2009).

Parmi les indices utilisés, nous pouvons citer : l'indice Oméga-3-végétaux est un bioindicateur d'exposition et d'effet précoce des métaux et des herbicides, il renseigne sur l'état de santé des végétaux (bon : 1 à 0,93 ; moyen : 0,93 à 0,85 ; mauvais : < 0,85) (ADEM, 2017).

Chapitre III
Stratégies en Amélioration des
plantes

Dr. BEL

M.B.H.

Introduction

Après avoir été des chasseurs-cueilleurs, les hommes deviennent au néolithique (il y a 10 000 ans) des éleveurs-agriculteurs. Regroupés en villages, ils produisent leur nourriture, en domestiquant les plantes sauvages et en les adaptant à leurs besoins. Ils sélectionnent et ressemencent les plantes intéressantes à cultiver. Ils favorisent ainsi celles qui sont les plus résistantes, les plus productives, les plus nutritives, et qui se transforment et se conservent le mieux. Ils recherchent à la fois des plantes pour se nourrir, pour se soigner et pour se vêtir.

L'amélioration des plantes était amorcée. Domestication inconsciente d'abord, jardinage ensuite, codification de l'agronomie, maîtrise des descendance renforcée par les premières lois génétiques, puis développement de l'amélioration des plantes en tant que science et éruption des biotechnologies.

1. Définition de l'amélioration génétique des plantes

L'amélioration des plantes peut être définie comme la modification des caractères des plantes par l'homme pour mieux les adapter à ses besoins. De point de vue génétique, elle correspond à l'ensemble des opérations qui permettent de passer d'un groupe d'individus n'ayant pas certaines caractéristiques à un nouveau groupe, plus reproductible, apportant un progrès. Il s'agit de réunir dans un même individu le maximum de gènes favorables.

2. Objectifs de l'amélioration des plantes

L'amélioration de la productivité

Le potentiel de production peut être amélioré par la sélection. Un rendement supérieur peut être obtenu par une accumulation des gènes favorables pour ce caractère dans une plante et/ou par une modification de l'architecture de la plante pour lui permettre de mieux utiliser les ressources du milieu dans lequel elle se développe (lumière, eau, minéraux du sol etc..).

L'adaptation des plantes au milieu

La sélection a permis d'étendre la zone de culture des espèces en les adaptant à des conditions climatiques nouvelles comme le froid et la sécheresse ou d'autres stress climatiques comme la verse due au vent et l'inondation.

La résistance aux maladies aux insectes et à d'autres ravageurs permet d'augmenter et de stabiliser la production. Cette résistance peut nous économiser les frais de traitements par des pesticides et réduire les risques de pollution chimique.

2-3- La qualité

Le matériel végétal utilisé pour créer de nouvelles variétés est assujéti à des tests rigoureux de qualité. La qualité boulangère est une nécessité pour les variétés de blé. La couleur, la texture, la forme et la taille du fruit, le goût etc.. Sont des caractères importants que les sélectionneurs doivent prendre en considération.

3. Le rôle de l'améliorateur des plantes

3-1- L'évaluation variétale

Elle consiste à connaître les performances agronomiques des variétés testées dans différents environnements.

3-2- La création variétale

Elle consiste à mettre au point des nouvelles variétés plus adaptées et plus productives quantitativement et qualitativement. Les moyens utilisés sont l'hybridation, la sélection, les techniques biotechnologiques et le génie génétique.

3-3- La multiplication des variétés du catalogue national

On l'appelle aussi la sélection conservatrice.

Elle effectuée dans le programme de production des semences destinées aux agriculteurs.

4. La domestication

Adaptation des plantes sauvages aux besoins de l'homme par la culture et la sélection. Les plantes actuellement cultivées ont été domestiquées dans différentes régions du globe. On parle

de centre d'origine pour désigner la région dans laquelle s'est effectuée la domestication d'une espèce cultivée.

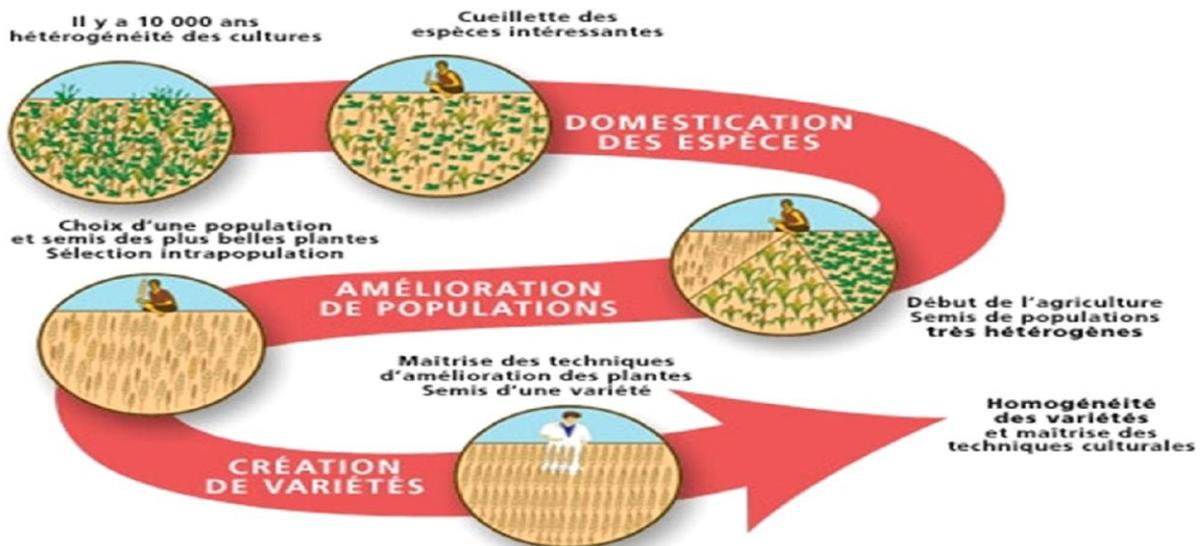


Figure 1 : Les étapes de la domestication

5. Modes de reproduction des plantes

Les espèces végétales se perpétuent selon trois modalités principales :

- ✓ Par autofécondation : espèces autogames.
- ✓ Par fécondation croisée : espèces allogames.
- ✓ Par reproduction végétative à l'aide d'organes de reproduction très variés : tubercules, stolons, boutures, greffes, etc...

-Reproduction sexuée : Caractérisée par la fusion de deux gamètes ♂ et ♀ conduisant à la formation de l'embryon

5-1- L'autogamie

5-1-1- Définition

La fécondation de la plante est réalisée par son propre pollen. Cependant, il peut se produire chez ces espèces autogames un croisement naturel pouvant atteindre un taux de 4 à 5%, (autogamie prépondérante). Ce taux peut varier selon les conditions climatiques, la variété,

la vitesse et la direction du vent durant la pollinisation et enfin la population des insectes présents (types et nombre).

5-1-2- Facteurs favorisant l'autofécondation

Fleurs hermaphrodites (organes mâle et femelle dans la même fleur).

Contact ou proximité permanente ou temporaire des étamines et stigmates.

La maturité des gamètes est simultanée.

Absence de système d'autoincompatibilité ou de stérilité mâle.

La fécondation croisée est empêchée par la présence de fleurs au moins partiellement fermées et peu attractives pour les insectes.

✓ Exemples de plantes autogames

Céréales : avoine, blé tendre, blé dur, orge, riz, sorgho

Légumineuses à graines : arachide, haricot, féverole, lentille, pois, soja, vesce.

Espèces légumières : aubergine, laitue, poivron, tomate. Espèces industrielles : colza, caféier arabica, coton, lin, tabac. Espèces fruitières : abricotier, pêcher.

5-1-3- Les lignées pures

Une lignée pure est la descendance d'un individu homozygote se reproduisant par autogamie. Cette descendance est constituée d'individus identiques entre eux à l'intérieur d'une génération (**homogénéité**) et identiques entre eux d'une génération à l'autre (**stabilité**).

La lignée pure (un seul génotype homozygote) permet :

- ✓ Une grande homogénéité (compatible avec l'agriculture moderne récolte, semis)
- ✓ Une grande stabilité (possibilité pour l'agriculteur de semer une partie de sa récolte)

5-2- L'allogamie

5-2-1- Définition Lorsque l'allopollen est utilisé, on parle de fécondation croisée ou d'allogamie. Dans la nature, la plupart des espèces sont allogames, la pollinisation est généralement anémophile ou entomophile.

5-2-2- Les mécanismes de la fécondation croisée (l'allogamie)

- **séparation des sexes dans l'espace**

Plantes monoïques : les inflorescences ♂ et ♀ sont séparées, mais situées sur une même plante : maïs, melon, noyer, concombre, etc.

Plantes dioïques : les sexes sont séparés sur des plantes ♂ et des plantes ♀ : palmier dattier, etc.

- **séparation des sexes dans le temps**

Lorsque les organes sexuels n'arrivent pas à maturité en même temps sur la même fleur, on parle de dichogamie (2 cas)

barrières morphologiques

Chez certaines légumineuses, le stigmate est protégé par une colonne staminale formée par des filets soudés entre eux. L'ouverture de cette colonne sous le poids des insectes (abeilles) met les stigmates en contact avec l'allopollen attaché aux corps de ces insectes, ainsi la fécondation croisée est assurée (luzerne).

5.3. Auto-incompatibilité et stérilité mâle

5-3-1- Auto-incompatibilité : absence d'aptitude pour une plante à donner des semences (graines) lorsqu'elle est autofécondée, bien qu'elle puisse donner des semences normales par la fécondation croisée. Son pollen est actif sur une autre plante.

C'est le résultat de l'action de gènes de type S qui sont des séries alléliques S1, S2, S3, S4, S5, S6.....

Il existe deux types principaux de l'auto-incompatibilité :

- Incompatibilité gamétophytique ;
- Incompatibilité sporophytique.

➤ **incompatibilité gamétophytique**

Déterminée par la nature haploïde du pollen ;

Un gène de stérilité à un locus « S » existe sous plusieurs allèles : s1, s2, s3, s4,.....sn.

Si l'un des allèles du stigmate est identique à l'allèle du pollen, il y a inhibition, et le tube pollinique après germination, ne pénètre pas dans le style.

➤ **incompatibilité sporophytique**

Le pouvoir fécondant du pollen est sous l'action du génotype (2n) de la plante dont il est issu, et non de son génotype haploïde. Exp. Un grain de pollen s1 provenant d'une plante s1s2 ne pourra pas féconder une plante s1s2 ou s2s3, mais fécondera une plante s3s4.

Dans ce système, on peut trouver aussi des relations de dominance ou de compétition entre les allèles « S » qui peuvent déterminer lequel des allèles donnera au grain de pollen sa compatibilité ou son incompatibilité.

Exp. Si on croise une plante s1s2(♀) avec une plante s1s3(♂) ;

-Cas de l'incompatibilité gamétophytique : s3 est bien compatible.

5-3-2- Stérilité mâle (androstérilité)

Elle se manifeste par l'absence de pollen fonctionnel ou l'avortement des étamines. Il existe en réalité trois types d'androstérilité :

Les allèles de stérilités ont des homologues dominants Ms qui eux induisent la fertilité.

$$\begin{array}{ccc}
 \text{msms (♂ stériles)} & \times & \text{MsMs (♂ fertiles)} \\
 \text{« ♀ »} & \downarrow & \text{« ♂ »} \\
 \text{F1 : 100\% ♂ fertiles : Msms} \\
 \text{Msms} \otimes & \rightarrow & \text{F2 : } \frac{1}{4} \text{ MsMs ; } \frac{1}{2} \text{ Msms ; } \frac{1}{4} \text{ msms} \\
 \text{Population : } \frac{3}{4} \text{ ♂ fertiles (Ms-)} & + & \frac{1}{4} \text{ ♂ stérile (msms)}
 \end{array}$$

➤ **stérilité mâle cytoplasmique :**

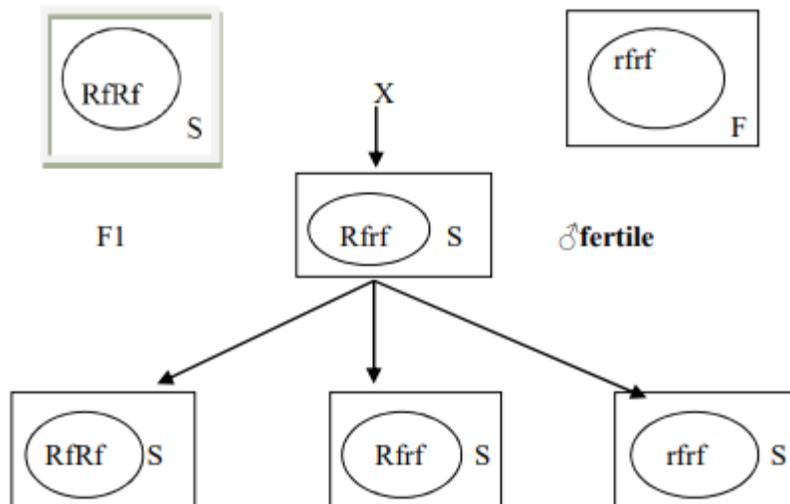
Elle est due à un facteur cytoplasmique de type S qui entraîne la stérilité des descendants. Le cytoplasme des descendants provient de la plante mère.

➤ **stérilité mâle nucléo-cytoplasmique :**

Elle dépend de l'interaction entre un cytoplasme particulier et un gène particulier. Un cytoplasme stérile est représenté par « S » et un cytoplasme fertile est représenté par « F ». Un gène Rf (restaurateur de la fertilité) restitue la fertilité au cytoplasme stérile. L'allèle qui provoque la stérilité est noté rf.

- cytoplasme « F » + Quelque soit la combinaison génique → Fertile.
- // « S » + RfRf → Fertile.
- // « S » + Rfrf → Fertile.
- // « S » + rfrf → Stérile.

Exemple :



Rq: Le cytoplasme est toujours déterminé par la femelle.

La stérilité mâle est utilisée par les sélectionneurs chez les plantes autogames et allogames pour faciliter les croisements naturels.

D'ailleurs, chez les plantes autogames, la stérilité mâle entraîne l'ouverture des fleurs pour permettre au pollen étranger de s'y introduire et d'assurer la pollinisation.

-Exemples de plantes cultivées allogames

Maïs, seigle, luzerne, ray-grass, concombre, carotte, céleri, chou, épinard, melon, oignon, navet, betterave, tournesol, pins, chêne, hêtre,.....

Chapitre IV :
Hérédité polyfactorielle

1. Variation génétique

1.1- Nature de la variation génétique

a)- **Variation discontinue** : Génétique mendélienne

Elle concerne les caractères gouvernés par un gène ou un petit nombre de gènes (monogéniques), c'est le type de caractères étudiés par le généticien Mendel. Ce sont des caractères simples, facilement identifiables, ne sont pas influencés par l'environnement.

Exp. Couleur de la fleur, sensibilité ou résistance à une maladie.

1.2- Variation continue : Génétique quantitative

➤ Caractères dont la variation est mesurable : exp. Rdt, taille, précocité...etc.

Ce sont des caractères contrôlés par un nombre important de gènes (polygéniques) et il est nécessaire de recourir à des méthodes statistiques pour leurs analyses. Une grande partie de la variabilité observée pour la plupart de ces caractères est due à des effets de l'environnement. Ils sont caractérisés par une variation continue.

2. Modes d'actions des gènes

2.1. Interaction intra-locus

Les modalités de l'hérité des caractères polygéniques dépendent des relations entre les gènes qui les contrôlent. Ces relations peuvent être de trois natures définissant ainsi trois types d'effets génétiques :

➤ **additivité**

L'additivité est obtenue lorsque l'hétérozygote (Aa) présente une valeur phénotypique qui coïncide avec la valeur phénotypique moyenne des deux homozygotes (AA et aa).

$$\begin{array}{ccc}
 aa & & Aa & & AA \\
 & \underbrace{\hspace{10em}} & & & \\
 & & & & Aa = 1/2 (AA + aa)
 \end{array}$$

→ Ex : aa = 0 ; AA = 2 → Aa = 1

Chapitre V : consanguinité et Hétérosis

1. La consanguinité

Définition : C'est le mariage ou l'accouplement des individus étroitement liés (lien de parenté très élevé), comme des cousins (chez l'homme) ; croisements père-fille, frère-soeur (chez l'animal), ou les plantes autogames. Ces croisements consanguins entraînent une augmentation de l'homozygotie pour un trait et donc l'apparition des traits (allèles) récessifs, s'accompagnent d'une diminution générale de vigueur d'hybride. Le taux de consanguinité le plus élevé est observé chez les plantes autofécondées, par la suite le croisement frère-soeur (comme l'escargot et l'abeille) dit parthénogénèse.

1.1. Les effets d'inbreeding ou de la consanguinité

Lorsqu'un système de reproduction consanguine comme (autofécondation– croisement frère x soeur) est imposé à une espèce allogame, l'augmentation de l'homozygotie qui en résulte s'accompagne généralement d'une baisse de vigueur d'hybride et de fertilité. Cet effet d'inbreeding est variable suivant les espèces et il est possible de classer les espèces allogames en :

La dépression consanguine de vigueur est principalement due :

a/ à l'expression des gènes généralement récessifs à effets létaux.

b/ à la suppression ou élimination des effets de superdominance liés à l'état hétérozygote; mais en cas de dominance simple, la régression des hétérozygotes limite la vigueur

c/ à la perte éventuelle ou à l'appauvrissement de certaines relations d'épistasie...

1.2. Les conséquences de l'effet d'inbreeding

La dépression consanguine a de nombreuses conséquences pratiques pour les programmes d'amélioration basés sur l'utilisation de lignées homozygotes :

- Lignées quasiment inutilisables comme variétés cultivées.
- Perte de lignées trop affaiblies par la consanguinité ou devenues stérile
- Limitation de l'intérêt de la sélection
- Cout élève de la semence hybride produite sur une lignée femelle à fertilité réduite.

1.3. Les effets de la consanguinité sur les fréquences génotypiques

Dans une population, les génotypes des parents purs sont : AA et aa. Le croisement des parents entre eux (par autofécondation) à donner en F1 : 100 Aa. Les individus de la F1 sont croisés entre eux pour produire les individus de la F2.....F9 , on obtient des lignées pures (99,9 % AA ou aa).

2. L'hétérosis (vigueur d'hybride)

2.1. Définitions

- C'est la différence (la supériorité) de l'hybride F1 par rapport à la moyenne des parents.
- De point de vue pratique, c'est la supériorité de l'hybride F1 par rapport au meilleur parent. L'hétérosis peut se manifester par une augmentation de la hauteur, du volume racinaire, de la taille des feuilles et de l'épi, du nombre et de la taille des graines, de la résistance aux maladies, de la précocité, etc..

2.2 Explication de l'hétérosis

- **Théorie de la superdominance** : Emise indépendamment par SHUL et EAST en 1908 pour expliquer l'hétérosis, elle se base sur la supériorité de l'hétérozygote Aa par rapport aux homozygotes.
Exp. $Aa > AA$ ou aa .
- **Théorie de la dominance complète** : l'accumulation des gènes dominant dans la F1 peut fournir une explication de l'hétérosis.

Exp. ♀ (AAbbcc) X ♂ (aaBBCC)

Valeur 1 valeur 2

F1(AaBbCc)

Valeur 3

3.Utilisation de l'hétérosis

L'hétérosis est la base de la création des variétés hybrides chez différentes espèces végétales cultivées. La supériorité de l'hybride par rapport aux parents a poussé plusieurs sélectionneurs à en développer chez le maïs, le sorgho, la tomate et d'autres espèces végétales.

Dr. BELATTAR.H

Chapitre VI : Méthodes de Création de variabilité

La création de variabilité (et en même temps création de nouvelles variétés) peut être réalisée par :

1. Création de variétés par croisements dirigés intraspécifiques

Les gènes d'intérêt qui seront introduits dans une espèce donnée, sont recherchés chez une variété voisine d'une même espèce. Plus la variabilité génétique est large dans une espèce, meilleure sera la chance de trouver le gène intéressant.

L'hybridation peut être réalisée en retirant manuellement les anthères des fleurs du parent (désigné femelle) afin d'éviter une auto-fécondation parfois possible. Une fois les anthères "castrées", on dépose du pollen mûr (prélevé sur le parent mâle choisi) sur le pistil de la fleur du parent femelle. La graine hybride qui en résulte porte l'information génétique des caractères des deux parents.

Le croisement de deux lignées permet l'obtention d'une variété appelée hybride simple. Un hybride simple peut être croisé avec une lignée bien choisie, pour obtenir un hybride trois voies, ou avec un autre hybride simple pour donner un hybride double.

2. Création de variétés par croisements dirigés interspécifiques

Il n'existe pas toujours à l'intérieur de l'espèce travaillée les caractéristiques que l'on désire introduire dans la variété à créer. Dans ce cas, on fait assez fréquemment appel à des plantes issues d'espèces voisines (par exemple rusticité du seigle introduite chez le blé ; résistance aux nématodes de *Lycopersicon peruvianum* introduite chez la tomate *Lycopersicon esculentum*). Ces hybridations entre espèces font souvent appel avortent fréquemment : la culture des jeunes embryons in vitro est maintenant une voie de sauvetage classique.

3. Création de variétés par mutagenèse

➤ Mutations géniques

Les mutations géniques sont les mutations qui modifient les nucléotides de l'ADN d'un gène. Ces mutations sont à l'origine de la richesse des formes alléliques.

Exemple : Mutations par substitution, Insertions et délétions.

➤ **Mutations chromosomiques**

Ce sont des changements profonds dans la structure d'un ou de plusieurs chromosomes. Résultent de cassures chromosomiques, entraînent une perte ou un déplacement des segments isolés et la formation de chromosomes remaniés.

➤ **Mutations génomiques**

Ce sont des variations du nombre des chromosomes (haploïdes, diploïdes, tétraploïdes, ...)

➤ **Agents mutagènes:**

Agents mutagènes physiques (rayons ionisants, U.V, provoquent des mutations. Le taux de mutation augmente linéairement en fonction de l'intensité des rayonnements.), agents mutagènes chimiques (ex: colchicine).

a. Création variétale par fusion de protoplastes (hybridation somatique)

Le terme protoplaste signifie une cellule végétale débarrassée de sa paroi squelettique. Elle apparaît sous forme d'une cellule sphérique, limitée par sa membrane plasmique. La technique de préparation de protoplastes n'a été vraiment mise au point qu'à partir des années 1960, quand les enzymes dégradant la paroi cellulaire ont été purifiées et utilisées dans cette biotechnologie. Mais ce sont généralement les parenchymes des jeunes feuilles qui sont utilisés pour leur préparation

Les protoplastes sont capables de fusionner pour donner des cellules à stocks chromosomiques doubles. Si des variétés, espèces ou genres différents sont utilisés on obtiendra des hybrides somatiques.

A partir de ces protoplastes, il est possible d'obtenir de nouvelles plantes. Si les conditions de milieu sont favorables, la paroi végétale se reconstitue. Les organites cellulaires se réarrangent et les cellules entrent en division. Elles donnent ainsi naissance à des cals (amas de cellules indifférenciées). Transférés sur un milieu de régénération, les cals se développent en embryons somatiques qui donneront des plantules.

b. Création variétale par transgénèse

La transgénèse consiste à transférer vers une plante un gène dont l'expression fait apparaître un caractère déterminé. L'origine biologique des gènes utilisés est variable. Il est possible de faire exprimer un gène issu d'une autre espèce végétale ou d'un autre organisme (bactérie, champignon). Les organismes ainsi obtenus sont dits Organismes Génétiquement Modifiés (OGM). Les dernières avancées biotechnologiques permettent d'introduire plusieurs gènes à la fois. Cela est de grande importance dans le contexte de l'amélioration de la tolérance à la sécheresse qui est de nature polygénique. Plusieurs découvertes scientifiques ont permis d'aboutir à l'obtention de la première plante transgénique en 1983.

c. Création de variétés par modifications somatiques

Chez les plantes à multiplications végétative, il apparaît parfois des clones qui diffèrent de la plante mère. Ces individus sont appelés des **variants somatiques**. Ceci a été à l'origine de plusieurs variétés de pomme de terre et de pomme, en plus de la pamplemousse rose.

Les variations somatiques sont fréquentes dans les situations suivantes :

- Culture in vitro à partir de fragments d'organes différenciés (avec plusieurs repiquages).
- Culture de cellules isolées ou de protoplastes.

Les variants somatiques peuvent être porteurs de traits positifs (vigueur, précocité, résistance, ..) pour les améliorateurs.

Chapitre VII : Méthodes de sélection

1. La sélection

Les variétés anciennes de céréales étaient hétérogènes, à la suite de fréquents mélanges de semences, de mutations, de recombinaisons après croisements spontanés. L'agriculture moderne a conduit à l'uniformisation des variétés. En théorie, une variété moderne est une lignée pure, produite de la multiplication de plantes homozygotes identiques entre elles.

1.1.sélection dans la population hétérogène

➤ Variétés ou populations locales (ou populations de pays)

Les variétés locales sont généralement formées par un mélange de plantes homozygotes. La plupart des plantes autogames présentent un certain niveau de croisements naturels conduisant à la présence de loci hétérozygotes dans la population. Des mutations peuvent également être à l'origine de l'hétérozygotie. Les variétés locales sont, la plupart du temps, très anciennes et bien adaptées à leurs environnements.

a-Sélection massale

Parmi les méthodes de sélection les plus anciennes, la sélection massale est probablement à la base de la domestication de plusieurs espèces végétales. Les plantes sont choisies sur la base de leurs phénotypes supérieurs, les graines de ces plantes sélectionnées sont mélangées pour former la sélection massale. Cette dernière est semée pour reconduire à la génération suivante.

▪ Caractéristiques

- La sélection est basée sur le phénotype ;
- l'efficacité dépend de la capacité du phénotype à refléter le génotype ;
- Elle est efficace pour les caractères à hérabilité élevée ;
- Elle est peu efficace pour les caractères très influencés par l'environnement.
- Simple, facile, rapide, non coûteuse.

- **inconvenient**

- On ne connaît pas si les plantes sélectionnées sont homozygotes ou hétérozygotes (1-5% de pollinisation croisée naturelle) puisque les plantes hétérozygotes ségrégueront les générations suivantes, donc le sélectionneur a besoin de continuer la sélection.

B- Sélection généalogique

Cette méthode est également appelée sélection par la méthode des lignées pures. Elle a été développée sur les bases de la théorie des lignées pures énoncée par JOHANNSEN. Elle est utilisée pour exploiter les variétés locales où des types désirables existent. Le meilleur génotype déjà présent dans la population est isolé à travers des procédures d'évaluation bien soignées.

- **Avantages :** La lignée pure fixée est très uniforme en apparence et en performance.
- **Inconvénients :** de nouveaux génotypes ne sont pas créés (on est limité aux génotypes déjà présents dans la population d'origine)

- **Comparaison entre la sélection massale et la sélection généalogique**

- Les deux méthodes ne vont pas créer des génotypes nouveaux et se limitent seulement à l'isolement de certains génotypes déjà existant dans la population d'origine.
- Une variété développée par la sélection généalogique est plus homogène qu'une variété développée par une sélection massale.
- La sélection massale est relativement plus simple et moins coûteuse que la sélection généalogique.
- La sélection massale est souvent utilisée par les agriculteurs alors que la sélection généalogique n'est généralement utilisée que par les sélectionneurs.

2- Sélection après hybridation

Cette méthode d'amélioration a **deux objectifs** : d'une part, sélectionner de nouvelles combinaisons de gènes dans une population dérivée d'un croisement et, d'autre part, rétablir l'homozygotie.

- ✓ **Le choix des parents**

Il faut s'assurer que les gènes en question sont présents chez les parents à utiliser en croisement. De plus sachant que les parents passent à leur descendance leurs gènes et non leurs

caractéristiques, le croisement produit des recombinants avec des valeurs intermédiaires à celles des lignées parentales. Alors que souvent on cherche à dépasser les valeurs qui caractérisent les parents. De ce fait le choix des parents devient très important, comme il est important de les caractériser pour pouvoir choisir ceux qui se complètent pour les caractères désirables.

-Croisement génétique

individus différents donnant lieu à une progéniture qui porte une partie du matériel génétique de chaque parent. Les organismes parents doivent être génétiquement compatibles et peuvent être de différentes variétés ou d'espèces étroitement apparentées.

-Hybride F1

Dans le domaine de l'élevage et de l'agriculture, les hybrides sont les plantes ou animaux issus du croisement de deux variétés ou espèces génétiquement différentes. En génétique, l'hybride F1 est le résultat d'un croisement entre deux individus de deux variétés, sous-espèces (croisement intraspécifique), espèces (croisement interspécifique) ou genres (croisement intergénérique) différents. L'hybride présente un mélange des caractéristiques génétiques des deux parents.

✓ **Monohybridisme**

Le monohybridisme est un type de croisement qui permet de suivre l'hérédité d'un seul caractère.

Les différentes formes d'un caractère étant généralement contrôlées par différents allèles d'un même gène, on croise des individus de lignée pure comme par exemple des individus à fleurs jaunes avec des individus à fleurs bleues et on observe la couleur des fleurs obtenues. On pourra ainsi définir quel est l'allèle dominant et quel est le récessif.

Lorsque le croisement concerne deux caractères différents, on parle de dihybridisme, et ainsi de suite.

✓ **La variabilité génétique**

Elle résulte du fait que des individus différents possèdent des génotypes différents. Une population constituée par des génotypes AA, Aa, aa est génétiquement variable.

P1 X P2

(AA) (aa)

F1: 100% Aa

F2: $\frac{1}{4}$ AA + $\frac{1}{2}$ Aa + $\frac{1}{4}$ aa

✓ Evolution de la fréquence des homozygotes et des hétérozygotes

Génération	Evolution des fréquences de génotypes (1 gène avec 2 allèles)	Fréq. Hétéroz	Fréq. Homo.
Parents	AA X aa ↓	0	100%
HF1	1 Aa ↙ ↓ ↘	100%	0%
F2 :	$\frac{1}{4}$ AA $\frac{1}{2}$ Aa $\frac{1}{4}$ aa	50%	50%
F3 :	↙ ↓ ↘ $\frac{1}{4}$ AA + $\frac{1}{8}$ AA = $\frac{3}{8}$ $\frac{1}{4}$ Aa $\frac{3}{8}$ = aa $\frac{1}{8}$ + aa $\frac{1}{4}$	25%	75%
F4:	↙ ↓ ↘ $\frac{3}{8}$ AA + $\frac{1}{16}$ AA = $\frac{7}{16}$ $\frac{1}{8}$ Aa $\frac{7}{16}$ = aa $\frac{1}{16}$ + aa $\frac{3}{8}$	12,5%	87,5%
.	↓ ↓ ↓	↓	↓
.	↓ ↓ ↓	↓	↓
.	↓ ↓ ↓	↓	↓

Après chaque génération d'autofécondation, l'hétérozygotie est réduite de moitié.

- toutes les plantes : P1(AA) sont homozygotes, homogènes et génétiquement identiques entre elles.

- toutes les plantes : P2 (aa) sont homozygotes, homogènes et génétiquement identiques entre elles.

- toutes les plantes : F1(Aa) sont hétérozygotes, homogènes et génétiquement identiques entre elles.

- la population F2 (AA, Aa, aa) est génétiquement variable, elle est constituée d'individus homozygotes et d'individus hétérozygotes et par conséquent hétérogène. Donc toute la variabilité observée entre les individus de P1, P2 et F1 est due à l'environnement ; et toute variabilité observée entre les individus de la population F2 est constituée d'une variabilité en partie d'origine génétique et en partie d'origine environnementale.

Rq : La variabilité génétique est essentielle pour le sélectionneur. Sans elle, aucun progrès génétique n'est possible par sélection.

2. Les méthodes

1. Sélection Pedigree

Dans la méthode pedigree, la sélection commence en F2. Elle permet d'isoler rapidement des caractéristiques désirables dans le cas de caractères à hérédité qualitative tels que la résistance aux maladies, la couleur de la graine etc. les caractères à hérédité quantitative, en particulier le rendement, sont plus difficiles à évaluer au cours des premières générations (F2 et F3) sur la base d'une plante individuelle. Ainsi par exemple si un croisement est réalisé entre les parents MBB et Waha, l'enregistrement de ce croisement se fait comme suit :

Waha/MBB CS 107-2000-27S-1S-14S-3S-20S-0S

La femelle est inscrite la première, dans ce cas c'est la variété waha qui est utilisée comme femelle, elle est fertilisée par la variété MBB, le parent male, / veut dire croiser, CS= croisement de Sétif, 107-2000= numéro de croisement et année de réalisation, 27S= est le numéro de la plante F2 sélection, dans ce cas il a au moins 27 plantes qui ont été sélectionnées, et ce pedigree est celui de la 27^{ième} plante, 1S= en F3 on a sélectionné la première plante de la lignée issue de la 27^{ième} plante, 14S=en F4, de la lignée numéro 1 de la F3, on a sélectionné la 14^{ième} plante..ect pour la F5 et la F6. La notation S0 veut dire que la lignée issue de la plante numéro 20 sélectionnée en F6 a été récoltée en masse en F7, par ce qu'elle apparait phénotypiquement homogène (lignée pure). (*/, //, /3/, /4/ indiquent l'ordre des croisements faits entre les différents parents de la lignée en question). 2) Sélection Bulk : La méthode bulk est simple et peu coûteuse. Peu d'efforts sont généralement engagés durant les premières générations. Cependant, la taille de la population doit être assez importante. La sélection naturelle est plus active dans le cas de la sélection par cette méthode. Les plantes hautes sont généralement favorisées par la méthode Bulk, ce qui peut être en contradiction avec les aspirations du sélectionneur. Cependant, la présence de maladies et d'insectes favorisent la mise en évidence des plantes résistantes, généralement recherchées par le sélectionneur. Les autofécondations sans sélection sont répétées sur 4 à 5 générations au total, généralement dès la F6-F7, on reprend la sélection de plantes

comme pour la méthode pedigree, les plantes sélectionnées sont semées individuellement pour donner des lignées pures.

2. Sélection par la méthode SSD (Single-Seed-Descent)

Cette méthode est également appelée sélection simple grain. Chaque plante F2 contribue par une seule graine à la génération F3, chaque plante F3 contribue par une seule graine à la génération F4 et ainsi de suite. La méthode est simple et peu coûteuse. Il suffit seulement de récolter une graine par plante et de semer l'ensemble à la génération suivante. La sélection par la méthode SSD est plus pratique lorsqu'on peut obtenir plus d'une génération par an. L'utilisation des serres en contre saison permettent d'avancer rapidement des générations.

3. Backcross

Le Backcross également appelé rétrocroisement ou croisement en retour est une forme d'hybridation durant laquelle une caractéristique désirable est transférée à une variété productive. Généralement, le Backcross est utilisé lorsqu'une variété possédant des caractéristiques désirables présente une faiblesse (sensibilité à une maladie donnée par exemple) qui peut être corrigée par l'introduction d'un ou de quelques gènes. Son principe est d'éliminer (vider) progressivement tous les gènes d'un géniteur donné comme un géniteur de résistance (parent donneur), sauf celui qui confère la résistance à une maladie déterminée. Ceci est réalisé par des rétrocroisements successifs de celui-ci avec une variété de bonne valeur agronomique (= parent récurrent = parent receveur). Au cours des rétrocroisements, les gènes du parent récurrent 'remplissent' le géniteur où leur proportion augmente de 50% (première hybridation) à 75% (= $50 + 50/2$) (premier recroisement), 87,5% (= $50 + 75/2$) (deuxième), 93,75% (troisième), 96,875% (quatrième recroisement). La contribution génétique du parent donneur (géniteur) est ainsi réduite de moitié à chaque génération. Il en résulte un individu d'une constitution génétique identique à celle du parent récurrent à l'exception du segment chromosomique portant le gène d'intérêt.