



Amélioration génétique des plantes

Master 2

**« Biologie et physiologie de la
REPRODUCTION »**

Dr. HAMMOUDA-BOUSBIA DOUNIA

Semestre : 3

Intitulé de l'UEF1 : Amélioration des plantes

Intitulé de la matière : Amélioration génétique

Enseignant responsable de l'UE : Dr. HAMMOUDA DOUNIA.

Enseignant responsable de la matière: HAMMOUDA D. ET BENLARIBI M.

Crédits : 03

Coefficients : 02

Objectifs de l'enseignement (*Décrire ce que l'étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes*).

Acquisition des connaissances de base de l'expression de la variabilité génétique aux niveaux phénotypique et cytogénétique et leur utilisation en amélioration des plantes.

Connaissances préalables recommandées (*descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes*).

Biologie végétale, Botanique, Génétique.

Contenu de la matière :

1. Principe de l'amélioration des plantes
2. Connaissance moléculaire des génomes (Oryza, Arabidopsis, Vitis)

La consanguinité et l'hétérosis

- aptitudes à la combinaison
- polyploïdie (A.A.)
- Transfert de gènes

3. Sélection pour la stabilité, la qualité et les caractères physiologiques

4. Techniques nouvelles de sélection

Mode d'évaluation : CC + TD

Références (*Livres et photocopiés, sites internet, etc*).

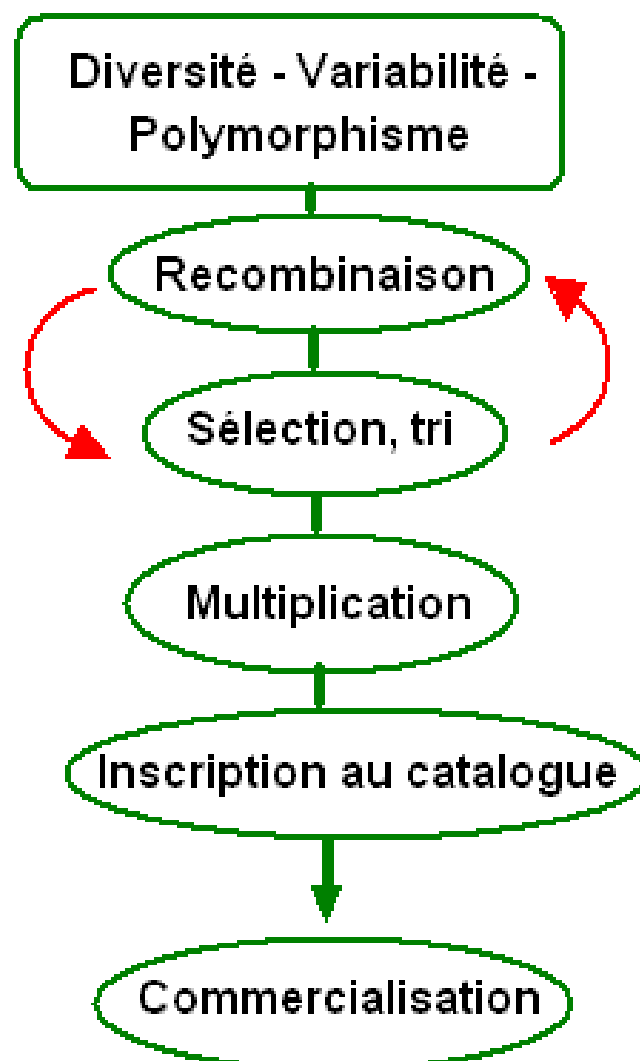
1. De Vienne D. (1998) - Les marqueurs moléculaires en génétique et biotechnologies végétales. Edition Quae.

2. Gallais A. (2011) - Méthodes de création de variétés en amélioration des plantes. Editions Quae

3. Gallais A. (2013). De la domestication à la transgénèse : Evolution des outils pour l'amélioration des plantes. Edition Quae.

1 Principe de l'amélioration des plantes

L'amélioration génétique des plantes est le processus par lequel l'Homme modifie une espèce végétale donnée en exploitant la diversité génétique préalablement existante.



التحسين الوراثي. المراحل

Amélioration génétique. Etapes

STRATEGIES DE AMP

- 1- reconnaître les traits (caractères) morphologiques et les réponses physiologiques qui sont important pour l'adaptation, un bon rendement et une meilleur qualité.**
- 2- Dessiner les techniques d'évaluation du potentiel génétiques de ces caractères.**
- 3- détecter les sources de gènes de ces caractères désirés qui peuvent être utilisés en programme de amélioration.**
- 4- introduire le potentiel génétiques de ces ces caractère à l'interieur d'une vaviété améliorée « cultivar »**

2 Connaissance moléculaire des génomes

La **biologie moléculaire** (parfois abrégée bio mol ou BM) est une discipline scientifique au croisement de la génétique, de la biochimie et de la physique, dont l'objet est la compréhension des mécanismes de fonctionnement de la cellule au niveau **moléculaire**.

Bases de biologie moléculaire

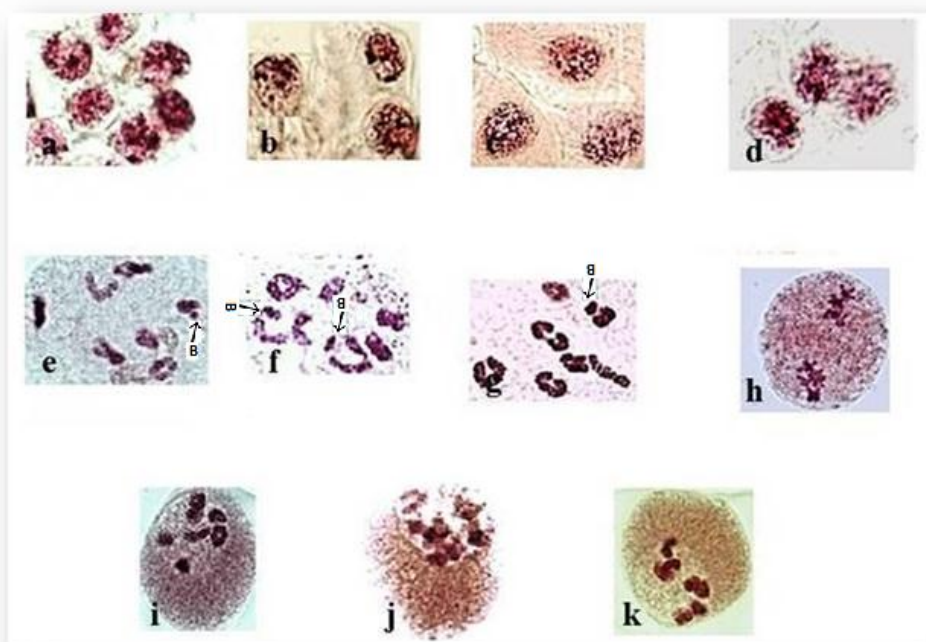
- Les acides nucléiques de la cellule
- Propriété physico-chimique fondamentale des acides nucléiques
- Les protéines
- Le principe de la traduction : passage de l'ARNm à une protéine
- Accès à la séquence et structure des génomes
- Changements dans l'ADN

Exemple/ **Oryza, Arabidopsis, Vitis**)

3. Caryologie

C'est l'étude des caryotypes '(caryogramme et histogramme) **mitotique et meiotique** des chromosomes des espèces végétales.

Exemple.





m



m



m



ac



m



m

4. Variation génétique et amélioration des plantes

4.1 La consanguinité et l'hétérosis

3.1 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 du d'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**.

Exemple 1 : les plantes autogames.

3.1.1 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 :

- espèces fortement déprimées par la consanguinité : Mais, luzerne, chou, fourragé.
- espèces moyennement déprimées par consanguinité : seigle, tournesol, dactyle, chou -fleur.

□□espèces faiblement déprimées par la consanguinité : colza, féverole (lignée pure pouvant être alors l'objectif de la sélection).

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...

3.1.2 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

□□coût élevé 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).

Population

La population est un ensemble d'individus de la même espèce se reproduisent effectivement entre eux par voie sexuée et ils sont apparentés et se caractérisent par une hérédité Mendélienne. **Le pool de gènes** regroupe tous les gènes (ou le matériel héréditaire) des individus constituant une population.

Les Populations naturelles sont soumises à des facteurs de variation ou d'évolution tels que:

- la sélection (naturelles ou artificielle)**
- les mutations**
- Les migrations**

Ces facteurs sont à l'origine de la variations des fréquences alléliques et génotypiques.

Quels sont Les effets de la consanguinité sur les fréquences génotypiques des la population ???

Régression des hétérozygotes sous l'effet de l'autofécondation

Génération	Évolution des fréquences de génotypes (12 gène avec 2 allèles A et a)	Fréquences des	
		hétérozygotes	homozygotes
Parents	AA x aa Croisement	0	100 %
Hybride F ₁	1 Aa Autofécondation	100 %	0 %
Génération suivante F ₂	$\frac{1}{4}$ AA' $\frac{1}{2}$ Aa $\frac{1}{4}$ aa Autofécondation	50 %	50 %
F ₃	$\frac{1}{4}$ AA + $\frac{1}{8}$ AA' $\frac{1}{4}$ Aa $\frac{1}{8}$ aa' + $\frac{1}{4}$ aa Autofécondation	25 %	75 %
F ₄	$\frac{5}{16}$ AA $\frac{1}{8}$ Aa $\frac{5}{16}$ aa	12,5 %	87,5 %
	Sélection généalogique Séparation des descendance		

Source : Techniques agricoles (n° 2341 « Sélection végétale »).

Mesure de la dépression consanguine

On considère un locus (A, a), la population est formée de deux descendants (2 sous-groupes), sachant que les fréquences alléliques sont p et q.

-le premier groupe consanguin est formé des individus identiques, la fréquence est F (coefficient de consanguinité).

- le deuxième groupe panmictique est constitué d'individus qui sont appariés, et dont la fréquence est : $1-F$.

La fréquence génotypique (AA) peut s'écrire par la formule suivante :

$$\text{Freq (AA)} = Fp + (1-F) p^2.$$

□□ **Coefficient de consanguinité**

Le coefficient de consanguinité F d'un individu diploïde est la probabilité pour que, chez cet individu, deux allèles homologues soient identiques.

Pour **calculer** le coefficient de consanguinité d'un individu, on procède par différentes manières :

Dans une population, on définira un coefficient de consanguinité moyen (**voir TD 5**):

III-2 L'hétérosis (vigueur d'hybride)

Définition

L'hétérosis, phénomène inverse (ou réciproque) de l'effet d'inbreeding, peut être considéré comme une stimulation d'hétérozygotie, dont la manifestation est la vigueur hybride, ou : c'est l'accroissement d'hétérozygotie observé chez les produits de deux lignées, de deux espèces, liées au phénomène de vigueur d'hybride.

Sur le plan génétique :

La vigueur hybride se traduit par : □□ la supériorité de l'hybride sur la moyenne des deux parents sur le meilleur parent (vigueur, adaptation, fertilité) .

□□ la dominance : accumulation de gènes complémentaires "favorables" apportés par les deux parents. En effet, deux lignées éloignées ont peu de chances d'apporter des allèles identiques aux mêmes loci.

□□ la superdominance: complémentarité allélique à certains loci rendant l'état hétérozygote supérieur aux deux homozygotes

□□certaines interactions d'épistasie : complémentarité entre des allèles situés à des loci différents.

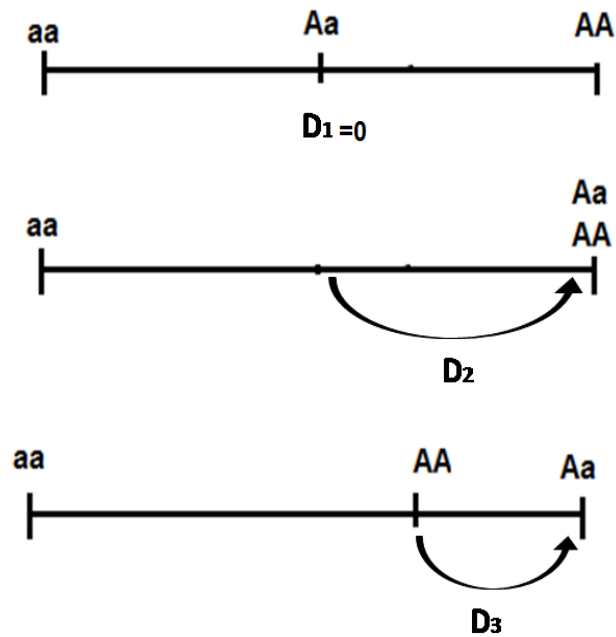
La part respectif, de ces trois phénomènes dans tout effet d'hétérosis ne peut être chiffrée. On sait toutefois que les effets combinés de ces trois phénomènes se produisent avec plus d'intensité lorsque l'hybride provient de la combinaison entre lignées.

Sur plan agronomique :

La vigueur hybride recherchée est une supériorité, *non* seulement par rapport aux lignées parentales soumises à la consanguinité, mais *par* rapport aux populations-allogames dont ont été extraits les lignées parentales. Le rôle de la sélection améliorante des espèces allogames sera ainsi de rechercher les **meilleures combinaisons** possibles entre les meilleures lignées, qui auront été particulièrement débarrassées au cours de la phase préliminaire de consanguinité, des gènes récessifs défavorables.

L'objectif de la sélection des espèces allogames est :

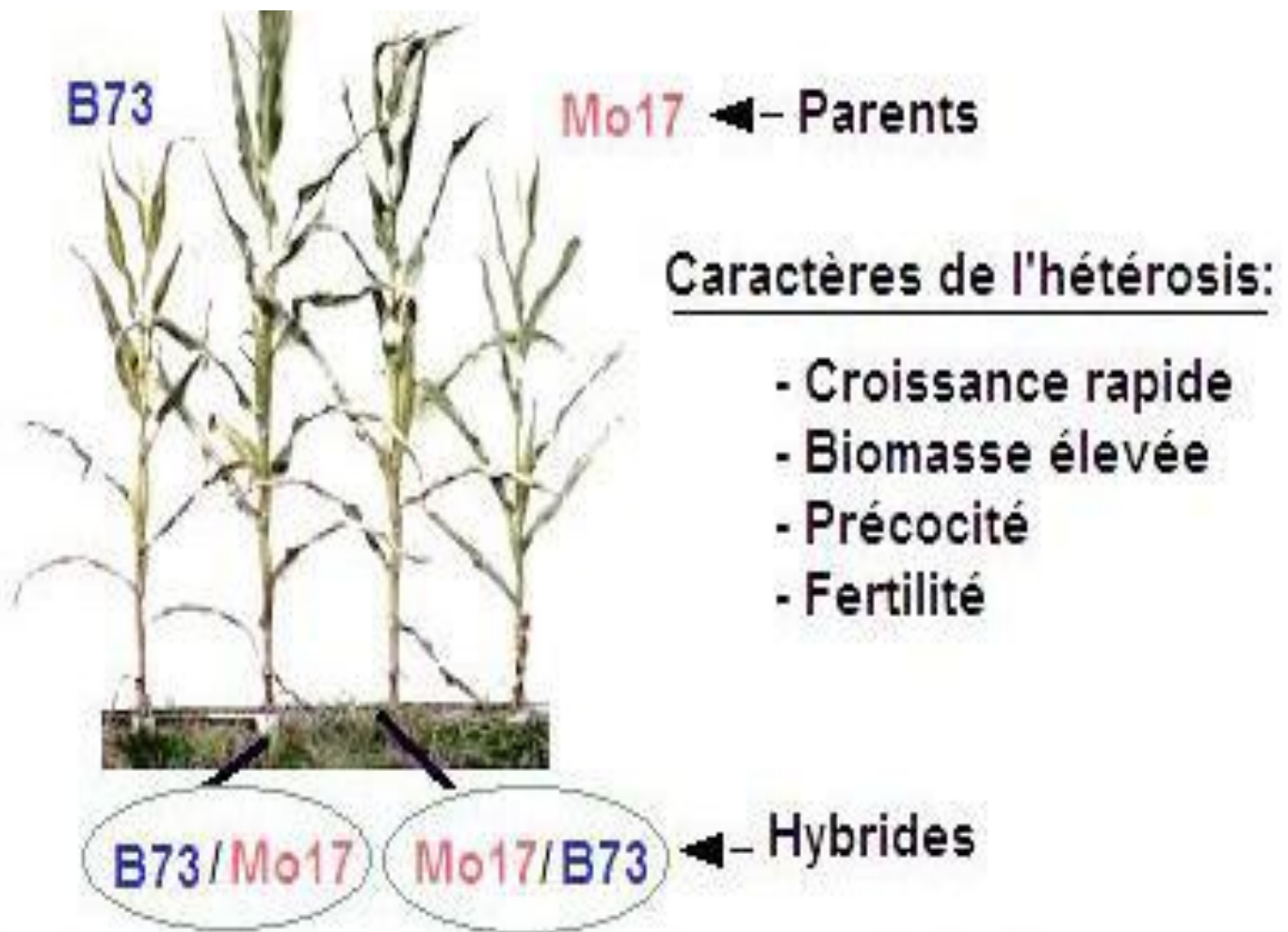
- augmenter l'homogénéité et l'adaptation des variétés.
- Exploiter le phénomène de vigueur.



1cas Pas de dominance, c'est Additivité ou la valeur phénotypique de l'hétérozygote (Aa) coïncide avec celle des deux homozygotes.

2cas Dominance totale, la valeur de l'hétérozygote (Aa) est confondue avec celle de l'un des parents (AA).

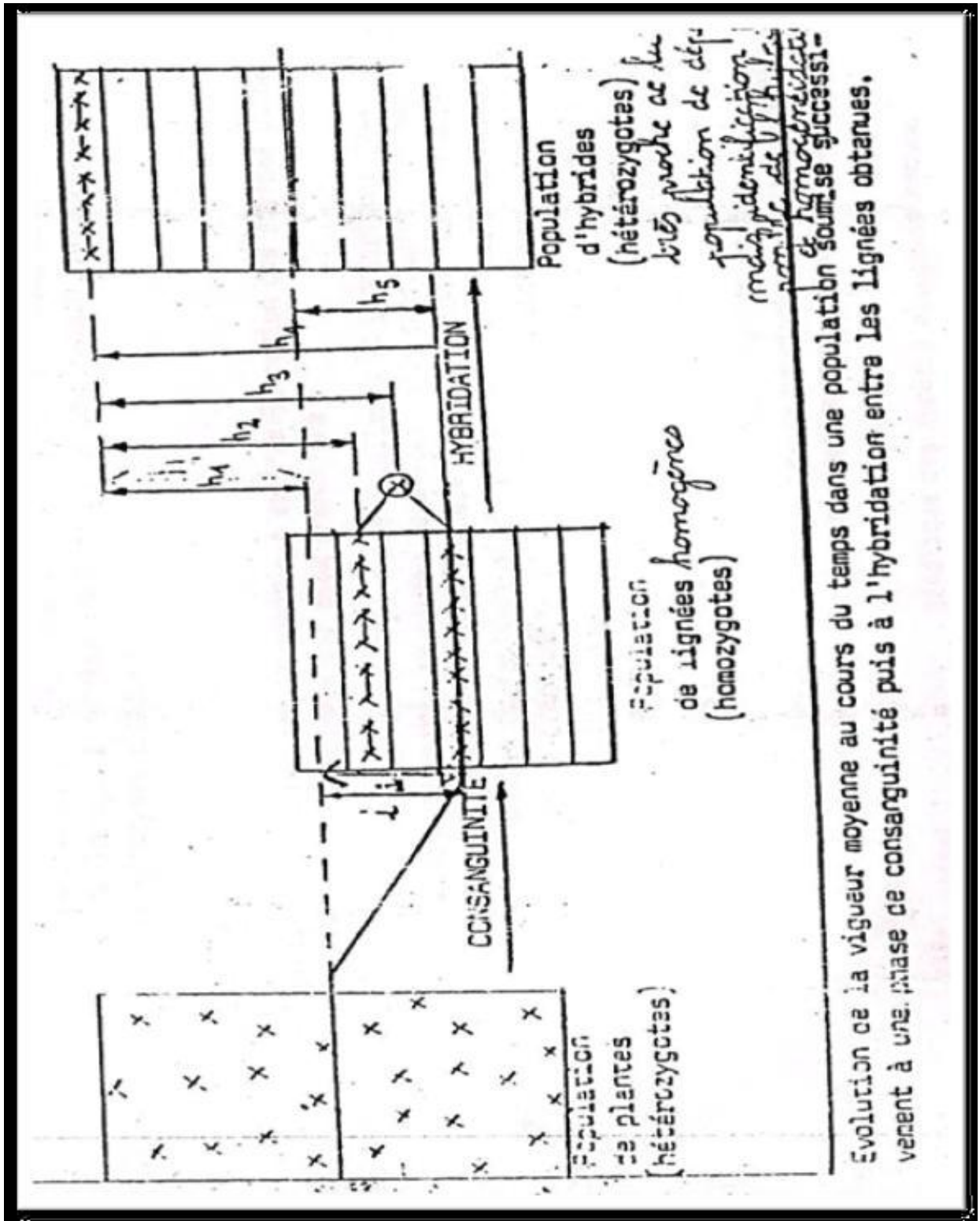
3cas superdominance, la valeur de l'hétérozygote (Aa) est supérieure à celle de l'homozygote dominant (AA).



Hétérosis chez le Maïs (Birchler et al., 2003)

Expression de la consanguinité et l'hétérosis

La figure suivante montre le rôle de la consanguinité et l'hétérosis pour obtention d'une population hétérogène et stable.



5

Figure : les expressions de la consanguinité et de l'hétérosis

Intérêt de la biotechnologie en amélioration de plante

outils de la biotechnologie

culture invitro : régénérer une plante entière a partir de cellule ou de tissus végétaux on utilisant les technique moderne de culture cellulaires - multiplication conforme-culture de méristèmes-culture d'embryon-embryogenèse somatique-culture d'haploïdes-culture d OGM

2 les plante modèles le riz et le colza dont le génome a été entièrement séquencé et étudié

3 biologie moléculaire et génie génétique

4 la bioinformatique propose d'organiser et gérer et analyser la multitude de donné produit par les méthode de la génomique

Les techniques de biotechnologies

transgénèse -

haplodiploïisation-

-sauvetage d'embryon immature

-sauvetage d'embryon interspécifique

utilisation des marqueurs moléculaires

variation soma clonale

fusion de protoplastes

mutagénèse

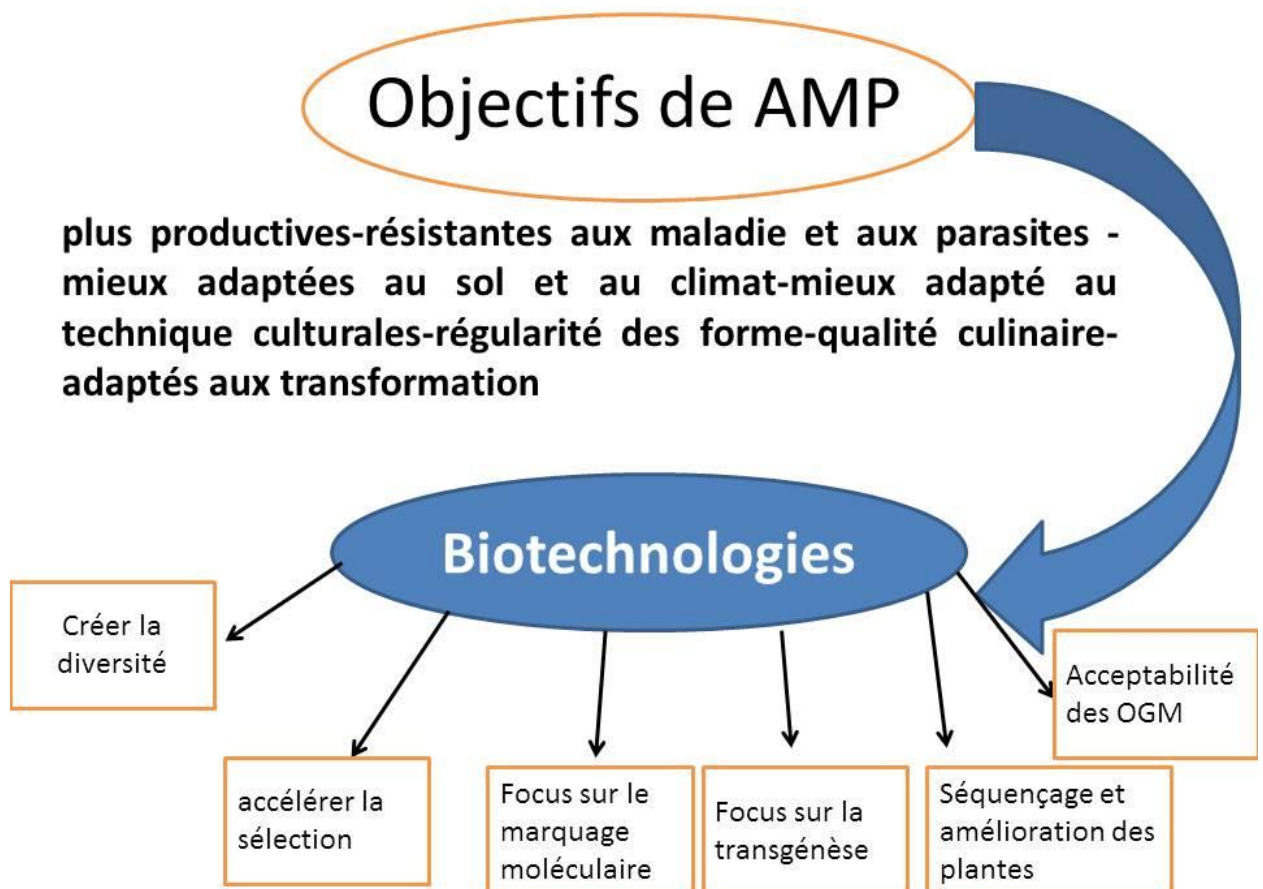
L'utilisation des biotechnologies cellulaires

est étroitement liée aux propriétés de la cellule végétale qui sont: la plasticité des cellules végétales (adaptation rapide aux variations de l'environnement).

La totipotence des cellules qui permet aux cellules végétales prélevées sur un organe quelconque d'une plante et mise en culture in vitro de régénérer un individu identique à la plante mère.

Au niveau moléculaire par la création d'une carte génétique, l'identification des gènes d'intérêts par le biais de sondes

plus productives-résistantes aux maladie et aux parasites -mieux adaptées au sol et au climat-mieux adapté au technique culturales-régularité des forme-qualité culinaire-adaptés aux transformation



Travaux dirigés

Exercice 1

La distribution des génotypes d'une population africaine a donné les résultats suivants : 1200 AA- 776 AB- 24 BB.

- 1- Est-ce que cette population est soumise au principe d'équilibre ou non ? (admettant que, $X^2 = 10,827$ et $\alpha = 0,001$).
- 2- Calculez la valeur de X^2 .
- 3- Déterminer le degré de liberté (d.d.l).
- 4- Calculez la valeur sélective de chaque génotype.
- 5- Calculez le coefficient de sélection de chaque génotype.
- 6- Calculez le nombre d'individus qui sont éliminés par la sélection.

Exercice 2

Chez l'homme, une anémie connue sous le nom de thalassémie est sous la dépendance de 2 allèles, codominants. Au génotype / correspond une thalassémie majeure , à / , une thalassémie mineure , à / un phénotype normale . Une population d'individus , analysée en Italie , a la composition suivantes : 9596 normaux , 400 mineurs , 4 majeurs .

- 1/ Est ce que cette population peut être considérée statistiquement comme en équilibre pour le locus ?
- 2/ Calcule la valeur de X^2 .
- 3/ Déterminer le degré de liberté.

Exercice 3

Soit une population africaines dont ces génotypes sont déterminés de la façon suivante : AA (600 individus) -- AS (388 individus)– SS (12

individus). 1/ Est ce que cette population est équilibrée ?

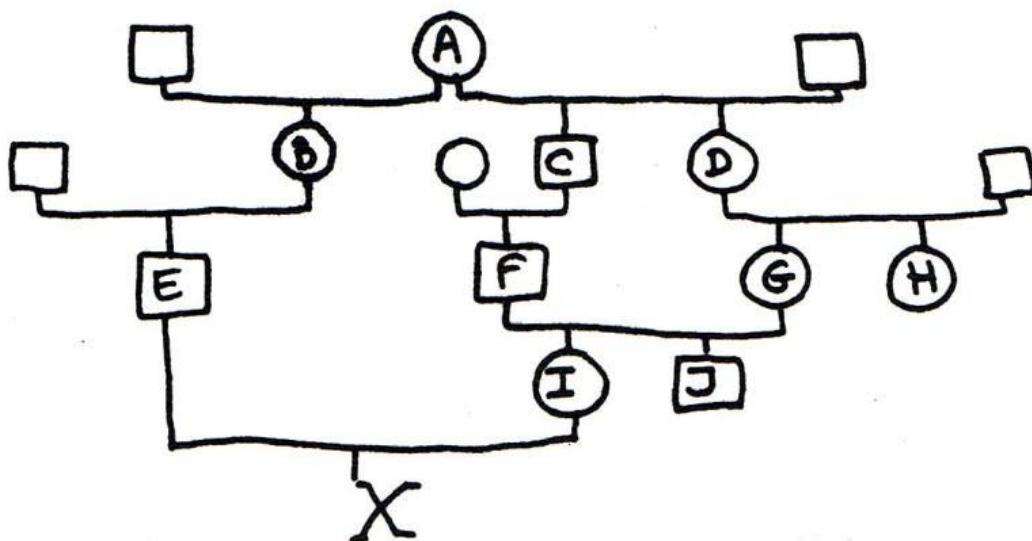
2/ Calculez la valeur de X^2 . 3/ Calculez la valeur sélective de chaque génotype.

4/ Calculez le coefficient de sélection de chaque génotype

5/ Calculez la fréquence allélique après la sélection.

Exercice 4

Voilà un arbre généalogique. Une union est projetée entre E et I.



- Quel serait le coefficient de consanguinité de leur descendants éventuels X (expliquez ce qu'est le coefficient de consanguinité et comment vous le calculez) ?

- Quelle serait la probabilité pour que leurs descendants éventuels X soient porteurs d'une tare génétique due à un allèle récessif, dont la fréquence q dans la population est égale à 0.04 ? (aucun des individus mentionnés n'est porteur de la tare).

- Quelle serait cette probabilité si B était porteur de la tare ?

Exercice 5

On considère l'arbre généalogique ci-dessous :

- Donnez la définition du coefficient de consanguinité individuel ; et calculez le coefficient de consanguinité de X.

Exercice 6

Soit une population panmictique, hétéroallélique pour un locus (2 allèles A et a) ou la fréquence p de l'allèle A dominant = 0.6 à la génération F_0

.Chacun des 3 génotypes est affecté d'un coefficient de sélection :

$\Delta 1 = 0.8$ pour A/A , $\Delta 2 = 1$ pour A/a , $\Delta 3 = 0.5$ pour a/a .

- Que pensez-vous de ce type de sélection ?
- Quel est le nom donné au phénomène qui fait que le coefficient de sélection de l'hétérozygote est le plus élevé des trois ?
- Calculez la valeur sélection moyenne de la population.
- Calculez l'accroissement p , lors du passage de F_0 à F_1 ?
- Quelle sera la valeur de p à la génération F_1 ?
- Pour quelle valeur p_e de p la population sera-t-elle en équilibre ?

Exercice 7

La majorité des espèces supérieures sont des polyploïdes, notamment les espèces pérennes et les espèces domestiquées (sélectionnées).

a- C'est quoi la polyploïdie ? Citez ces différents types, en expliquant avec des exemples.

b- Quelle est l'importance de ce phénomène dans l'amélioration des plantes ?

c- Si, on croise une espèce tétraploïde (blé dur, $2n=4x=28$ chromosomes) avec une espèce diploïde (seigle, $2n=2x=14$ chromosomes), quelle sera le nombre de chromosomes de la génération F_1 et son niveau de ploïdie? Cet hybride (F_1) est-il stérile ou fertile ? Expliquez par un croisement