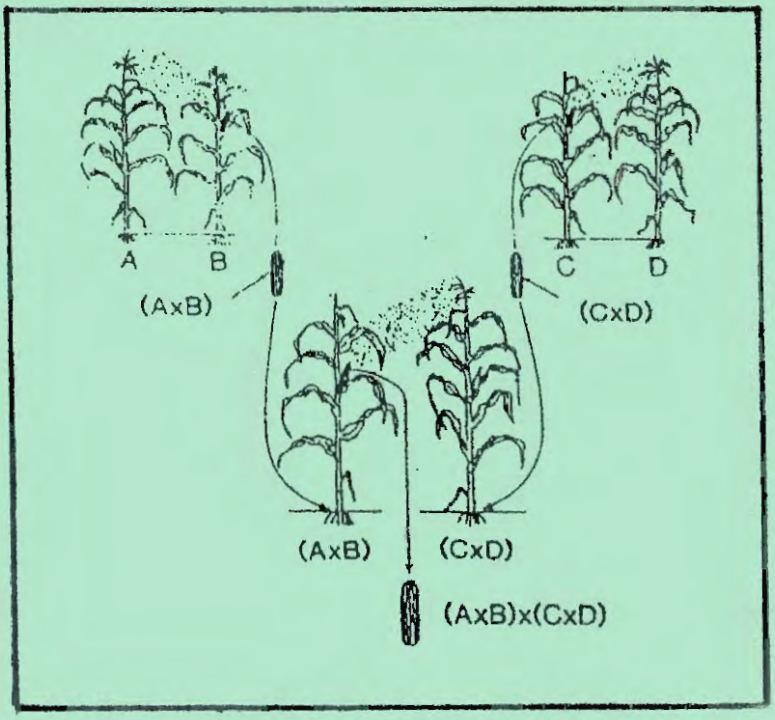
MINISTERE DE L'AGRICULTURE
DIRECTION NATIONALE DE L'AGRICULTURE

REPUBLIQUE DU MALI

DIRECTION DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE AGRICOLE
ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE

AGRICULTURE

GENERALE



MULTIPLICATION ET AMELIORATION DES VEGETAUX

TOME I - TEXTE

à l'usage des Centres d'Apprentissage Agricole
et des Centres Spécialisés

PROJET CAA

1985

SECID / USAID

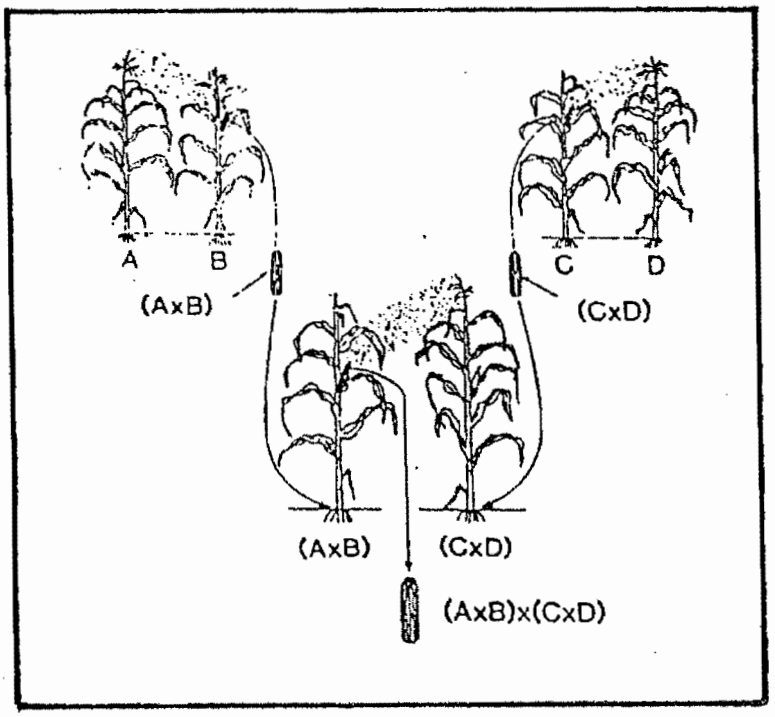
MINISTERE DE L'AGRICULTURE
DIRECTION NATIONALE DE L'AGRICULTURE

REPUBLIQUE DU MALI

DIRECTION DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE AGRICOLE
ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE

AGRICULTURE

GENERALE



MULTIPLICATION ET AMELIORATION DES VEGETAUX

TOME I - TEXTE

à l'usage des Centres d'Apprentissage Agricole
et des Centres Spécialisés

PROJET CAA

1985

SECID / USAID

AVANT PROPOS

Ce manuel est destiné à la formation des élèves des Centres d'Apprentissage Agricole (CAA). Il a pour objectif de leur fournir des connaissances de base et des applications pratiques concernant la Multiplication et Amélioration des Végétaux.

La **multiplication** des plantes a pour objectif de reproduire à partir d'un fragment végétal adéquat (graine, tige, racine etc.) en assurant à celui-ci des conditions qui lui permettent de se régénérer et de faire une nouvelle plante autarcique et intégrée dans le milieu de culture.

Cependant il ne suffit pas de reproduire des plantes, mais encore faut-il que ces plantes assurent une bonne production et soient résistantes aux maladies et ennemis et enfin adaptées aux conditions de culture. C'est donc le but de la **sélection** végétale qui consiste à choisir les plantes reproductrices en vue d'améliorer les caractères génétiques de l'espèce.

A la fin de ce cours, l'élève doit être capable de :

- décrire les différentes techniques de multiplication des plantes par les semis et les multiplications végétatives (division, marcottage, bouturage, greffage).
- de connaître les principales techniques de plantation et de travaux d'entretien.
- d'expliquer les principes fondamentaux de génétique (hérédité, lois de Mendel, hybridation etc.).
- de décrire les différentes méthodes de la sélection des plantes autogames, allogames et à reproduction végétative ainsi que les démarches de la production des semences sélectionnées.

A la fin de chaque unité d'enseignement, nous avons proposé une série de thèmes pour les activités pédagogiques et les travaux pratiques en vue de l'illustration de la partie théorique.

Nous avons jugé indispensable d'accompagner le texte de nombreux croquis ou schémas, faciles à reproduire, qui constituent un complément explicatif de l'enseignement proprement dit.

Dans ce cours, il y apparaît également un certain nombre de vocabulaires scientifiques et techniques qui peuvent être incompréhensibles pour les élèves ; pour remédier à ce problème, nous avons présenté en annexe un glossaire de termes utilisés dans le domaine de la multiplication des plantes, de la génétique et de la sélection végétale.

Afin de faciliter la lecture de ce manuel, nous avons présenté séparément le texte et les figures en deux volumes distincts (Tome I : Texte ; Tome II : Schémas et Annexes).

Ce document a été élaboré en collaboration de l'équipe SECID/USAID ainsi que des collègues de la Section Méthodes et Programmes de la DETA-FP.

TABLE DES MATIERES

UNITE 1

GENERALITES SUR LA MULTIPLICATION DES VEGETAUX

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

A la fin de cette unité, l'élève sera capable :

- de dire comment les plantes peuvent se multiplier naturellement et artificiellement ;
- de définir les semences agricoles ;
- d'expliquer les raisons de l'amélioration et de la multiplication des plantes cultivées ;
- d'énumérer les modes de reproduction chez les principales espèces cultivées au Mali.

II. QUESTIONS D'ETUDES

1. Comment les plantes se multiplient-elles naturellement ?
2. Qu'appelle-t-on semences agricoles ?
3. Pourquoi doit-on améliorer et multiplier du matériel végétal ?
4. Quels sont les modes de multiplication des plantes cultivées ?
5. Enumérez des types de reproduction par voie sexuée et des modes de multiplication par voie végétative des principales espèces cultivées au Mali ?

III. DISCUSSIONS

1. Comment les plantes se multiplient-elles naturellement ?

Les plantes peuvent se multiplier de deux façons :

a. par reproduction sexuée : c'est-à-dire en faisant intervenir les éléments sexuels de la fleur : grains de pollen et ovules qui par leur union (fécondation) donnent une graine capable de produire une nouvelle plante présentant les caractères mélangés des parents dont elle provient ;

b. par reproduction asexuée : sans intervention de la fleur, grâce aux racines adventives qu'émettent les organes végétatifs : racines, rameaux, feuilles, placés en terre et produisant une nouvelle plante qui représente en général, les mêmes caractères que celle dont elle provient.

2. Qu'appelle-t-on semences agricoles ?

Pour reproduire les végétaux, l'agriculteur utilise des grains (sorgho, riz, arachide etc.), des tubercules et bulbes. Tous ces organes sont considérés comme semences agricoles et divisés en deux groupes :

2.1. Les semences sèches (riz, sorgho, mil, coton, haricot etc.) contenant moins de 15 % d'eau, dont la conservation est facile, mais qui demandent beaucoup d'eau pour germer.

2.2. **Les semences aqueuses** (pomme de terre, oignon, patate douce, taro, igname) renfermant plus de 70 % d'eau, plus difficiles à conserver et qui n'ont pas besoin d'un supplément d'eau pour germer. Ces semences aqueuses ont une constitution voisine de celles des grains : la partie charnue représente les réserves et les germes ou yeux figurent les embryons.

3. Pourquoi doit-on améliorer et multiplier du matériel végétal ?

Traditionnellement, l'agriculteur prélevait sur sa récolte les graines, les tubercules, les boutures, qui lui étaient nécessaires pour assurer la production de l'année suivante. Mais des variations climatiques excessives et des attaques de parasites ou de ravageurs pouvaient entrainer des pertes de la récolte et des pénuries aux conséquences dramatiques.

En outre, ces "variétés locales" ont leur comportement génétique très variable d'une année à l'autre et ne se maintiennent pas à l'identique, dont fluctuation de rendement.

Pour l'ensemble de ces raisons, la création des variétés améliorées est une des préoccupations principales des Instituts de Recherches et les Services de l'Agriculture de la plupart des pays du monde.

Il ne suffit pas, non plus, de disposer de variétés améliorées capables de satisfaire les besoins de l'agriculteur local ; encore faut-il que ceux-ci puissent disposer à des conditions raisonnables, des moyens de multiplication de ces variétés, c'est-à-dire de **semences et plants** de bonne qualité et en quantités suffisantes.

Tableau 1 : Composition de quelques grains et tubercules amylacés.

Grains	% d'eau	% de glucides	% de protéines
Riz	13	92	7,1
Maïs	13	80	11,0
Patate douce	70	90	4,3
Igname	72	86	8,6
Pomme de terre	78	86	9,0

Les graines de céréales (semences sèches) contiennent moins d'eau que des tubercules (semences aqueuses).

Tableau 2 : Composition des graines de céréales, de légumineuses et d'oléagineuses.

	Eau	Glucides	Protides	Lipides
Graines de céréales (blé, maïs, riz, sorgho).....	10 à 17%	50 à 75%	8 à 14%	1 à 5%
Graines de légumineuses (haricot, niébé).....	8 à 15%	25 à 55%	20 à 40%	1 à 6%
Graines oléagineuses (arachide, ricin).....	5 à 10%	14 à 20%	17 à 20%	30 à 45%

Ce tableau montre que les graines amylacées de céréales sont celles qui contiennent le plus d'eau et les oléagineuses le moins, que les graines de légumineuses sont trois fois plus azotées que celles de céréales, et que les oléagineuses renferment, en plus de l'huile, une forte proportion de matière azotée.

4. Quels sont les modes de multiplication des plantes cultivées ?

Les deux principaux procédés de la multiplication des plantes cultivées sont les suivantes :

- reproduction par voie sexuée ou générative (par semis)
- propagation par voie asexuée ou végétative (par division, bouturage, marcottage, greffage).

En analysant les phénomènes biologiques caractérisant la germination des semences, au sens large du terme, il n'y a pas de différence essentielle entre la multiplication par voie sexuée et celle par voie végétative.

En effet, - à partir d'une graine, c'est l'embryon (plantule initiale en réduction) qui se développe

- dans le cas de bouture, par exemple, c'est une portion du plant initial qui se développe.

4.1. Propagation par voie générative ou sexuée

En grandes cultures annuelles, céréales, légumineuses etc. , les conditions de propagation par graines, dans les régions tropicales sèches, dépendent essentiellement de la pluviométrie. En effet, l'irrégularité des pluies en quantité et en fréquence, oblige à des modalités de semis très diverses, selon les régions, et en particulier en matière de date, de densité et de profondeur d'enfouissement. Le concours de l'irrigation est souvent nécessaire pour pallier les insuffisances en matière d'humidité.

D'autre part, l'impossibilité de préparer suffisamment à temps les champs à ensemencer, ou de disposer de ces terrains, oblige à procéder au repiquage de jeunes plants issus de pépinières (culture de décrue, riziculture irriguée etc.).

4.2. Propagation par voie végétative ou asexuée

L'intérêt de cette technique réside dans la possibilité de reproduire fidèlement avec toutes les mêmes caractéristiques d'une plante remarquable. Ce procédé est particulièrement intéressant pour les plantes allogames.

Elle consiste à utiliser une partie du végétal à multiplier pour reconstituer un végétal complet. Le choix de cette portion doit être tel que les potentialités de développement racinaires, de formation de bourgeons et d'organes foliaires soient latentes.

Boutures, bulbes et caïeux, tubercules et rhizomes sont apparentés et ne diffèrent entre eux que par leur degré de spécialisation.

En effet, les boutures proprement dites ne portent pas obligatoirement de bourgeons préexistants mais leur état physiologique doivent pouvoir émettre racines et feuilles. Par contre les tubercules doivent obligatoirement en porter tandis que les bulbes et les caïeux sont en quelque sorte des bourgeons.

5. Enumérez des types de reproduction par voie sexuée et des modes de multiplication par voie végétative des principales espèces cultivées au Mali ?

A l'aide du tableau n°3, on peut grouper des plantes cultivées soit par leurs affinités soit par leurs utilisations. On distingue successivement par exemple :

1. Les cultures vivrières :

+ Les céréales : mil, sorgho, maïs, riz, blé, fonio.
+ Les légumineuses : niébé, pois bambara, soja.
+ Les plantes racines : manioc, igname, patate douce.

2. Les cultures industrielles :

+ Le cotonnier
+ Les fibres jutières (dah, jute)
+ L'arachide
+ Le sésame
+ Le ricin
+ La canne à sucre
+ Le tabac
+ Le théier

3. Les cultures maraîchères ou légumières :

+ Les légumes feuilles
+ Les légumes fruits
+ Les légumes racines, tubercules, et bulbes

4. Les cultures fruitières :

+ Les agrumes
+ Le manguier
+ Le bananier
+ Le dattier
+ L'ananas
+ L'avocatier
+ Les annones
+ L'anacardier
+ Le papayer
+ Le goyavier

Tableau 3 : Modes de multiplication et types de reproduction par voie sexuée des principales espèces cultivées.

Espèces	Mode de reproduction végétative	Mode de reproduction sexuée naturel			
		Autogamie ⚥	Allogamie		
			♀♂	monoïque	dioïque
Agrumes	o greffage			x	
Aleurites	(o) greffage			o	
Anacardier			o		
Ananas	o cayeux		x		
Arachide		o			
Avocatier	o greffage		(o)		
Bananier	o rejet			x	
Cacaoyer	o bouturage		(o)		
Café	(o) Bouturage-greffage		o		
Canne à sucre	o bouturage		x		
Carthame			o		
Cocotier				o	
Colatier	(o) marcottage et bouturage		o		
Cotonnier		o			
Cultures légumières	tous les modes de reproduction sont présentés				
Dah ou kénaf			o	(o)	
Dattier	o rejet des pieds				(o)
Giroflier		o			
Goyavier	(o) greffage et marcottage	o			
Hévéa	o greffage			o	
Igname	o tubercules			x	
Jute			o		
Kapokier			o		
Karité			o		
Litchi	o marcottage et greffage		x		
Maïs				o	
Manguier	o greffage		o		
Manioc	o bouturage		x		
Mils			o		
Niébé		o			
Palmier à huile				o	
Papayer				(o)	o
Patate douce	o bouturage et (o) tubercule		x		

Pois du Cap		o			
Poivier	o bouturage			x	
Pomme de terre	o tubercule	x			
Pyrèthre		o			
Quinquina	o greffage		o		
Ramie	o bouturage			(o)	
Ricin				o	
Riz		o			
Roselle		o			
Sésame		o			
Sisal	o bulbilles et rejets		x		
Soja		o			
Sorgho		o			
Tabac		o			
Thé	o bouturage		o		
Tournesol		o			
Taros	o tubercules et bouturage			x	
Urena ou paka		o			
Vanillier	o bouturage		x		
Voandzou		o			
Ylang-ylang			o		

N.B. : Explication des symboles dans le tableau.

o Mode de multiplication le plus fréquent.

(o) Mode de multiplication moins usuel.

x Mode de reproduction sexuée naturel.

⚥ = fleur hermaphrodite.

IV. ACTIVITES PEDAGOGIQUES SUGGEREES

1. Rapporter en classe différentes sortes de semences agricoles (graines et tubercules etc...) des plantes cultivées à la ferme scolaire. Discuter leurs caractéristiques.

2. Dans les champs, jardin et verger de l'école, identifier les différents modes de reproduction des plantes cultivées et des végétaux naturels (arbres, arbustes, plantes herbacées, plantes rampantes etc...).

3. Chauffer un fragment d'organe végétal (tubercules) dans un tube à essai bien sec. Observer des gouttelettes d'eau provenant de la condensation de la vapeur d'eau émise par le végétal déposées sur la paroi supérieure du tube. Chauffer également les grains de sorgho ou de niébé, le dégagement de vapeur d'eau est plus faible. Commenter ces observations.

V. BIBLIOGRAPHIE

1. BIT. - Agriculture générale : Multiplication et amélioration des végétaux. Cours de BIT/PNUD, Bamako, 1972.

2. Bono, M. - Multiplication des semences vivrières tropicales. Presses Universitaires de France, Paris, 1981.

3. Gauthier, J. - Notions d'agriculture. Ed J. Gauthier, Périgueux, 1983.

4. Gondé, R. et Jussiaux M. - Cours d'agriculture moderne. La Maison Rustique, Paris 1980.

5. Marche-Marchard, J. - Le monde végétal en Afrique intertropicale. Ed de l'Ecole, Paris, 1965.

6. Mémento de l'Agronome - 1980, Ministère de la Coopération Française.

UNITE 2

MULTIPLICATION PAR VOIE SEXUEE : LE SEMIS

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

A la fin de cette unité, l'élève sera capable :

- de connaître les qualités d'une bonne graine de semence ;
- d'estimer la faculté et l'énergie germinatives des semences ;
- d'expliquer les conditions requises pour la germination des graines de semences ;
- de définir le semis ;
- de connaître les conditions permettant la réussite d'un semis ;
- de déterminer théoriquement la quantité de semences pour une culture donnée ;
- d'expliquer l'intérêt des traitements de semences ;
- de décrire les différents modes de semis et leurs caractéristiques ;
- de donner les raisons pour faire un resemis.

II. QUESTIONS D'ETUDES

1. Pour avoir un bon rendement, quelles sont les qualités d'une bonne graine de semence ?
2. Comment détermine-t-on la faculté et l'énergie germinatives des semences ?
3. Quelles sont les conditions de germination des graines de semences ?

4. Qu'est-ce que le semis ?

5. Quelles sont les conditions permettant la réussite d'un semis ?

6. Pourquoi fautil traiter des semences avant le semis ? Comment procède-t-on ?

7. Quels sont les différents modes de semis ?

8. Quand doit-on faire un resemis ?

III. DISCUSSIONS

1. Pour avoir un bon rendement, quelles sont les qualités d'une bonne graine de semence ?

Une bonne graine de semence doit :

* être de la **variété recherchée** : c'est-à-dire de connaître avec la certitude l'identité botanique des semences.

* être de l'**origine** désirée : les variétés s'adaptant à leur climat d'origine, il faut ne semer dans une région que les graines récoltées en région comparable.

* posséder une **pureté** convenable : les impuretés sont constituées + soit par des produits inertes (terre, cailloux, débris divers), qui diminuent simplement la valeur culturale et marchande ;
  + soit par les graines étrangères susceptibles de causer le salissement des cultures.

* présenter une **faculté germinative** élevée : il ne suffit pas, en effet, qu'une graine soit de bonne variété et pure, il faut qu'elle puisse germer.

* posséder une forte **énergie germinative** : c'est la rapidité avec laquelle les graines germent, d'où il résulte la rapide sortie des plantules de terre et leur vigueur pendant leur jeune âge.

* être **grosse, dense** et **bien conformée** : les graines les plus volumineuses ont le maximum de réserves nutritives et elles donnent, de ce fait, des plantules plus fortes (la grosseur est indiquée par le **poids de 1 000 graines** ; maïs : 500 g ou plus ; sorgho : 25 à 50 gr ; mil : 4 à 8 gr ; fonio : 0,5 à 0,6 gr).

* être **certifiée** : par le Service Officiel de Contrôle et Certification des Semences et Plants.

2. Comment détermine-t-on la faculté et l'énergie germinatives des semences ?

Essais germinatifs :

Pour se rendre compte de la valeur de semences, on a l'intérêt à vérifier la **faculté** et **l'énergie germinatives.**

2.1. Test :

- On fait germer 100 graines dans une assiette, entre deux buvards humides ou dans du sable fin mouillé, placée dans une pièce à température constante (25°C par exemple). On compte le nombre de germes sortis au bout de 4 jours **(énergie germinative)** et de 10 jours **(faculté germinative)** pour la plupart de graines.

- Si au bout de ce temps, 98 graines sur 100 ont germé, la faculté germinative est de 98 % (norme 70 à 80 % minimum).

- Lorsque l'énergie germinative est mauvaise (moins de 50 graines germées), la semence manque de vigueur et le semis est davantage influencé par les conditions de germination (froid, sécheresse etc.).

- Si la faculté germinative est médiocre (60 graines germées) mais que l'énergie germinative soit satisfaisante (mélange de graines mortes) il faut augmenter la quantité de semence.

2.2. Calculs

Valeur culturale (ou valeur agricole) d'une semence est le nombre représenté par le produit de la pureté variétale (Pv) et de la faculté germinative (Fg) et divisé par 100 :

$$Vc = \frac{Pv \times Fg}{100}$$

Exemple : Soit un lot de graines de P = 95 (%) et Fg = 80 (%), a une valeur culturale :
Vc = (95 x 80)/100 = 76,0
et un autre lot de graines de P = 90 et Fg = 85
a une valeur culturale Vc = (90 x 85)/100 = 76,5.

On voit que ces deux lots de graines ont des valeurs culturales à peu près identiques. Grâce à cette notion, l'on peut, entre plusieurs lots de graines, choisir celui qu'il a le plus d'intérêt à utiliser.

2.3. Détermination de la pureté variétale :

Soit : PT = Poids total de graines (en gr)
PD = Poids déchets (impuretés) (en gr)

On calcule :

$$\% \text{ déchets} = \frac{PD}{PT} \times 100$$

Poids de semences pures : PP = PT - PD (en gr)

Pureté spécifique : $PS = \frac{PP}{PT} \times 100$ (en % du poids)

(norme 98 % min.)

Si l'on appelle NE = Nbre de graines étrangères (autres variétés)

NT = Nbre total de graines variété multipliée

$$\text{ou } NT = \frac{PP}{\text{Poids de 1 000 graines PP}} \times 1\ 000$$

Pureté variétale : $Pv = \frac{(NT - NE)}{NT} \times 1\ 000$
(ou pureté génétique)

(norme 990°/₀₀ min)

Notons que le contrôle de la pureté variétale a pour but d'établir la proportion des impuretés (présence d'autres variétés de la même espèce).

Tableau 4 : Normes pour les semences certifiées

	Arachide	Riz	Blé	Maïs	Mil	Sorgho	Niébé
Pureté spécifique (min.)	96 %	98 %	98 %	98 %	98 %	98 %	98 %
Germination (min.)	70 %	80 %	85 %	80 %	75 %	80 %	75 %

3. Quelles sont les conditions de germination des graines de semences ?

Pour qu'une graine entre en germination, il faut que soient réalisées les conditions suivantes :

3.1. Conditions internes :

a. La graine doit être bien constituée de toutes ses parties (embryon et matières de réserve).

b. Il faut que la graine ait atteint sa maturité physiologique et n'ait pas perdu sa faculté germinative.

c. Le tégument doit être perméable à l'eau.

3.2. Conditions externes :

Une graine a besoin pour entrer en germination :

a. D'humidité : c'est l'eau qui ramollit les enveloppes pour permettre à la jeune plante de sortir et libère des enzymes (ferments) qui fabriquent les matières assimilables par l'embryon.

b. De chaleur : chaque graine ne germe qu'à partir d'une certaine température ; ce minimum est plus élevé pour les plantes des régions tropicales (maïs 10°C, riz 15°C).

c. D'air : la graine en germination respire très activement et a besoin de l'oxygène de l'air.

4. Qu'est-ce que le semis ?

Le **semis** est l'action qui consiste à mettre en terre des graines de plantes cultivées, dans un sol préparé spécialement en vue de faciliter la germination et la levée de ces graines.

Selon les espèces et le mode de culture, on distingue deux catégories de semis : **les semis en place** et **les semis en pépinière.**

- **Les semis en pépinière** sont utilisés pour la production des plants destinés au repiquage ou à la plantation en pleine terre (riziculture irriguée, cultures maraîchères, arboriculture fruitière).
- **Les semis en place** sont destinés à produire des plants qui assureront leur cycle végétatif complet à l'emplacement même où la graine a été déposée(cultures céréalières, cultures cotonnière et arachidière etc.).

Mais dans chacune de ces deux catégories les semis se pratiquent selon des types différents, à savoir **à la volée, en lignes** ou **en rayons, en poquets, en paniers** ou **en pots, semis associés.**

- Le semis est généralement exécuté à **plat** ou en **planches** dans le sens du labour (donc perpendiculaire à la pente). Avant le semis, on doit préparer son sol par labour et affinage de la couche superficielle du sol (appelée **"lit de semence")**.

- Toutefois dans les régions pluvieuses, il est préférable d'exécuter le semis sur **billons** (le billonnage est effectué à plat ou en planches perpendiculairement à la pente de façon à diminuer les risques d'érosion et à éviter l'engorgement en eau du sol au niveau racinaire des jeunes plantules).

- Afin de respecter les densités de plantation recommandées, le semis se réalise - **à la main** : soit à la corde à noeuds, soit à l'aide du rayonneur, soit encore à la roue poqueteuse à rayonneur ;

  - **à la machine** : semoirs mécaniques pour culture attelée ou mécanisée.

- Quel que soit le mode de semis, on veillera toujours à obtenir un enterrage correct des semences ni trop important ni insuffisant pour assurer une germination facile.

  Les graines ne doivent cependant pas rester en contact direct de l'air afin de limiter les dégâts des animaux ou l'entrainement par les eaux de ruissellement. Les graines devront donc être recouvertes soit à la main ou au pied d'une couche de terre meuble légèrement compactée, soit mécaniquement.

5. Quelles sont les conditions permettant la réussite d'un semis ?

Le semis est une opération culturale très importante dont la réussite est impérative pour obtenir de bonne récolte.

Il est sous la dépendance des principaux facteurs suivants :

- Obtention et traitement des semences
- Epoque de semis
- Densité de plantation
- Profondeur de semis
- Quantité de semences
- Modes de semis.

5.1. Obtention et traitement des semences :

Les graines sélectionnées et traitées sont distribuées chaque année aux cultivateurs par les Services de l'encadrement (Exemple : CMDT, Opération Riz Ségou) selon leurs prévisions d'ensemencement (35 kg/ha pour le cotonnier par exemple).

Un système permanent de multiplication de semences avec fourniture annuelle par les différentes opérations et fermes semencières permet le renouvellement régulier de l'ensemble des semences des principales cultures du pays.

Ce système évite tout mélange irréversible et toute dégradation de la pureté variétale, assure la diffusion rapide de toute nouvelle variété sans modifier l'organisation habituelle de la commercialisation et de l'usinage.

Les graines destinées aux ensemencements sont directement traitées en usine (coton) ou à la ferme semencière (céréales).

5.2. Epoque du semis :

- Des époques de semis varient suivant le climat (régime pluviométrique) et les espèces cultivées (cycle végétatif de la plante).

- En zone tropicale sèche, l'époque des semis est étroitement liée aux saisons de pluies : on sème tôt pour que les plantes profitent le plus possible de la saison des pluies souvent courte.

  Le seul risque en semant tôt est d'avoir à recommencer le semis (resemis).

- Les semis précoces permettent aux plantes cultivées de se développer et se résister aux mauvaises herbes.

- Tandis que les semis tardifs sont particulièrement attaqués par les parasites.

Exemple : Les conditions pluviométriques maliennes sont telles que les semis ne peuvent généralement pas être exécutés avant l'époque optimale qui se situe tout au long du mois de Juin.

Pour le cotonnier BJA 592 (région de N'Tarla - M'Pessoba), la relation rendement - date de semis est la suivante :

Tableau 5 : Relation rendement et date de semis

Date de semis	Rendement (kg/ha)
21 juin	1 900
22 juin	2 025
2 juillet	1 300
11 juillet	1 400
24 juillet	742

Commentaires : Les semis de juin assurent non seulement la meilleure productivité mais également les meilleures qualités technologiques (longueur et ténacité du coton par exemple).

Après le 15 juillet, les rendements deviennent dérisoires et ne sont plus économiques (surtout pour les cultures industrielles).

En résumé : Il vaut donc mieux semer trop tôt que trop tard, compte tenu du cycle végétatif de la plante et les conditions naturelles locales. On sème généralement après une bonne pluie (terrain humide jusqu'à 25 cm de profondeur).

5. . Densité de plantation :

Quelles que soient les conditions de semis, il est préférable que celui-ci soit effectué en lignes et en poquets pour faciliter les travaux d'entretien et les traitements phytosanitaires.

La densité de semis est donc la résultante de :

- l'espacement entre lignes
- l'écartement des poquets sur la ligne
- le nombre de plants par poquet.

Pour un rendement maximum le nombre optima de plants/hectare (fluctuant entre 30 000 et 250 000) est inversement proportionnel à la précocité des semis, au niveau de fertilité des sols et à l'intensité du parasitisme qui conditionnent la croissance et le développement final des plants.

Le choix des facteurs de densités doit également tenir compte des conditions de travail et du matériel de culture attelée soit pour le semis soit pour l'entretien général de la culture.

La densité optimale est atteinte lorsque la frondaison qui couvre toute la surface du sol (généralement vers le 50e - 70e jour après le semis selon les cultures). Au-dessus de cette densité optimale il n'y a plus accroissement de production mais accroissement de feuillage superflu.

Tableau 6 : Densités et écartements théoriques de quelques plantes cultivées.

Plantes	Densité plantes/ha	Ecartement (m)	Démariage
Maïs	62 500	0,80 x 0,40	2 plantes
Mil	37 500	1,00 x 0,80	3 plantes
Sorgho	62 500	0,80 x 0,60	3 plantes
Riz (repiqué)	125 000	0,40 x 0,20	1 plante
Cotonnier	83 300	0,80 x 0,30	2 plantes
Arachide	133 000	0,50 x 0,15	1 plante

5.4. Profondeur du semis :

- Si elle est enterrée trop profondément, la graine risque de pourrir avant de germer ou, si elle germe, elle peut ne pas atteindre la surface.
- Si elle est enterrée trop superficiellement : la graine risque d'être détruite par les animaux ou desséchée par le soleil.
- La profondeur est proportionnelle au diamètre des graines (sans dépasser 6 cm).
- La nature du sol : l'enfouissement est plus profond dans un sol meuble et léger que dans un sol argileux humide.
- Exemple : Cotonnier BJA 592

Tableau 7 : relation rendement et profondeur de semis

Profondeur de semis (cm)	Poquets levés (%)	Rendement (kg/ha)
2	98,7 %	1 940
6 à 8	49,7 %	1 140

5.5. Quantité de semences

Il faut tenir compte :

- de la variété : certaines variétés prennent un plus grand développement, il faut donc semer moins dru (plantes au tallage important), d'autre peu ;
- de la fertilité du sol : il faut moins de graines en sol riche (meilleure levée, développement davantage, tallage plus intense) ;
- de l'état de propreté du sol : en terres infestées de mauvaises herbes, on sème plus dru pour les étouffer ;
- de l'époque de semis : si on sème trop tôt en zone tropicale sèche (en mai par exemple), on risque de recommencer le semis, d'où utilisation d'une grande quantité de semences ;
- du mode de semis : le semis en ligne exige moins de semence que le semis à la volée.

Exemple : Calculs théoriques de la quantité de semences

Soit la culture du sorgho dont on connait les données suivantes :

- Poids de 1 000 graines : 25 gr
- Ecartement de semis : 0,80 x 0,30 m
- Semis en poquets : 10 graines/poquet
- Pouvoir germinatif (Pg) : 80 %

On calcule :

- Nombre de poquets/ha = 10 000 m^2/(0,80 x 0,30) m^2
  = 41 666 poquets/ha
- Nombre de graines/ha = 41 666 x 10 = 416 666 graines/ha
- Poids total de semences/ha = $\frac{416\ 666 \times 25}{1\ 000}$ = 10 416 gr/ha soit 10,5 kg/ha
- Si Pg = 100 % on emploie 100 graines
  Si Pg = 1 % on devrait utiliser 100 fois 100 graines ou 10 000 graines.

- Si Pg = 80 % on devrait donc employer :

$$\frac{100 \times 100}{80} = 125 \text{ graines}$$

soit 25 % de graines de plus c'est-à-dire

$$\frac{10,5 \times 25}{100} = 2,6 \text{ kg de plus}$$

- On devrait prévoir des imprévus (pertes, resemis) : 10 % de plus

soit $\frac{10,5 \times 10}{100} = 1,05$ soit 1,0 kg

- Au total, la quantité de semences sera :

10,5 kg + 2,6 kg + 1,0 kg = 14,1 kg/ha

6. Pourquoi faut-il traiter des semences avant le semis ? Comment procède-t-on ?

6.1. Désinfection des semences :

On peut traiter la graine, soit pour détruire les germes de maladies, soit pour la protéger contre les attaques prématurées des insectes présents dans le sol.

- On lutte contre divers champignons et les insectes qui s'attaquent au moment de la levée et entrainent la **fonte des semis.** Il faut choisir un produit capable de tuer les spores de champignons sans nuire à la faculté germinative du grain.

  On emploie, soit le procédé humide par aspersion ou par immersion, soit le procédé sec par poudrage.

- Contre les prédateurs de semence en place par enrobage des semences avec des répulsifs : anthraquinone, diphényl - guanidine.

  Il existe de nombreux produits mixtes pour le traitement des semences comportant un répulsif (anthraquinone) + un fongicide + parfois un insecticide :

Exemple : - Heptachlore + Thiram ou TMTD (Thioral)
- Anthraquinone + Captane
- Anthraquinone + HCB (hexachlorobenzène)
- Anthraquinone + Lindane + Mancopper.

6.2. Traitements des semences en vue d'accélérer leur germination :

Rappelons que le stade préliminaire de la germination est l'absorption d'eau par la graine qui se gonfle lentement au contact de l'humidité du sol.

Si l'on accélère cette absorption la durée de la germination sera abrégée d'autant.

Exemples :

- Cas de cultures maraîchères : on trempe des semences (haricot, melon, persil) dans l'eau pendant quelques heures.
- Cas de riziculture irriguée : par prégermination en exposant à l'air et à l'ombre de semences trempées (immersions des sacs de semences de riz pendant 24h puis exposition à l'air pendant 1 à 3 jours).

7. Quels sont les différents modes de semis ?

Il existe plusieurs modes de semis :

7.1. Semis manuels et traditionnels

1ère méthode : Les graines de semences sont contenues dans une petite calebasse accrochée au poignet du cultivateur. Il ouvre le trou avec la daba, prélève une pincée de graines dans la calebasse et les projette dans le trou, refermé avec l'outil ou le pied.

Cette méthode oblige à travailler courbé, d'autres outils, permettent, eux, de semer en restant debout (Voir ci-après).

2e méthode : L'opérateur se déplace à pas réguliers et équidistants. A chaque pas correspond l'ouverture d'un poquet avec un coup de "léger" donné perpendiculairement à la direction de l'avancement.

Le semis proprement dit est effectué par une seconde personne qui laisse tomber quelques graines dans le poquet avant de refermer le trou d'un coup de pied.

Pour changer de ligne, l'opérateur s'écarte d'un pas sur le côté, le semis est donc à écartement constant, mais celui-ci varie suivant les cultivateurs. Il se situe le plus souvent aux environs de 80 cm.

3e méthode : On peut également creuser un trou étroit à l'aide d'un pieu de bois ou de bambou à l'extrémité renforcée par une pointe métallique (longueur de la perche 1,5 à 2 cm). Cet outil sert à ouvrir un trou au fond des cuvettes creusées avec le "kumu" pour les cultures de décrue (région de Goudam).

7.2. Semis à la volée :

- On épand les graines à la amin, régulièrement pour que les plants qui poussent en place soient ni trop serrés ni trop espacés dans le champ.

  On sème à la volée les graines très fines : le riz, le fonio, les légumes, le tabac etc.

  Cas de graines légumières : On peut mélanger ces graines avec du sable bien sec.

  On recouvre légèrement les grains avec du terreau ou de terre fine comme du sable.

  On plombe la terre c'est-à-dire que l'on tasse un peu de sol pour que la terre soit bien en contact avec toutes les graines.

Cas de cultures vivrières : le riz par exemple

Le semeur doit être habile pour semer uniformément c'est-à-dire répandre la semence partout et en égale quantité. Il doit tenir compte aussi de la direction du vent. Le semeur jette les semences par poignées d'un mouvement régulier en marchant en ligne droite et en balançant le bras d'un geste large.

7.3. Semis en lignes :

Ce type de semis présente les grands avantages suivants :

- Les graines sont distribuées régulièrement en lignes parallèles et déposées toujours à la même profondeur (semis mécanique).
- La levée est plus uniforme et la croissance plus régulière.
- Les plantes sont plus rigoureuses parce que leurs pieds sont plus éclairés et plus aérés ; elles sont donc moins sujets à la verse et aux maladies.
- Les travaux d'entretien (binage, sarclage) sont plus faciles et plus rapides.
- L'économie au moins un tiers de la semence.

- **Cultures vivrières :** Les semis en lignes peuvent se faire soit manuellement (corde à repères, rayonneur, roue poqueteuse à rayonneur) ; soit mécaniquement (semoirs monograines en culture intensive et mécanisée).

- **Cultures maraîchères :** On creuse des sillons (ou rayons) de 2 à 3 cm de profondeur avec un bâton ou le manche d'un rateau le long d'un cordeau tendu entre deux piquets. On fait tomber régulièrement les graines au fond du sillon. On mélange bien les graines avec 5 à 10 fois leur volume de sable sec. On recouvre les graines avec la terre fine et on tasse légèrement.

On recouvre le tout d'un peu de paillis pour éviter le durcissement du sol sous la pression de l'eau arrosage et garder le semis humide.

7.4. Semis en poquets :

Les graines sont placées dans les trous faits à des distances régulières sur des lignes régulièrement espacées.

La répartition des plantes sur le terrain est mieux faite que dans les deux semis précédents (à la volée et en lignes).

C'est le type de semis le plus courant ; il est de règle pour les plantes qui prennent un certain développement en largeur (arachide par exemple) et en hauteur (mil, sorgho).

Technique : Le long d'un cordeau à repères bien tendu, on creuse des trous peu profonds (en fonction de la grosseur de graines) à intervalles réguliers (selon l'écartement interpoquets choisi).

- On dépose quelques graines dans chaque trou (le nombre de graines dépend de la culture) puis on les recouvre de terre bien tassée.

  Le semis est généralement exécuté à plat, mais il peut également s'effectuer sur billons lorsque le terrain est trop humide ou si la couche de terre arable n'est pas assez épaisse.

7.5. Semis en pépinière :

Le semis en pépinière consiste à semer dense, dans un sol riche et bien préparé, des plants que l'on repiquera par la suite. Les avantages sont :

- il économise la semence
- il laisse plus de temps pour préparer le champ
- il permet à la plante de se développer davantage.

Le semis en pépinière est surtout en usage pour la plupart des plantes légumières (tomate, choux, etc.), le tabac, et le riz irrigué.

- **En culture maraîchère :**

Le terrain destiné à recevoir la pépinière doit être léger, humifère et travaillé. Il est préférable qu'il soit situé près d'un point d'eau (marigot, fleuve) et dans un endroit abrité.

Le terrain est ensuite divisé en planches, de 1 à 1,10 mètres de largeur pour permettre un désherbage facile, et séparées par une petite allée.

Les planches seront abritées par une claie de palmes ou de pailles tressées ou recouvertes d'un paillis, ce dernier diminue l'évaporation et il évite le tassement de la terre sous l'action des arrosages.

Pour les graines très petites (légumes), il est indispensable si l'on veut avoir un semis régulier, de les mélanger à du sable sec. Le mélange est répandu uniformément et le semis doit être serré. Il faut éviter de trop les enterrer : on se contente le plus souvent d'un léger coup de râteau ou on traine les branchages sur la planche ou recouvrir d'une légère couche de sable. IL faut arroser aussitôt après et damer légèrement avec une planchette.

- **Semis en caissette :** Ce procédé est souvent avantageux, car il facilité l'arrosage, prend peu de place et peut être déplacé sans endommager les plants (cas de la tomate, l'aubergine, le piment etc.).

Les dimensions des caissttes en bois sont souvent 40 x 25 x 7,5 cm. POur assurer un bon drainage le fond est percé de trous et recouvert d'une couche de gravier et d'une couche d'herbes sèches ou matière organique.

- **En riziculture irriguée :**

Les pépinières ont généralement la forme d'un rectangle de 20 x 5 m. Les pépinières sur boue se travaillent souvent dans l'eau pour obtenir un lit de semis meuble, parfaitement plané et très propre (souvent fertilisé).

Elles comportent aussi un système de canaux, drains et diguettes pour assurer une bonne circulation d'eau.

La pépinière a une superficie qui varie suivant la fertilité du sol, du 1/10 au 1/20 de la superficie de la rizière définitive. Elle est établie à proximité de la rizière.

On sème à la volée des grains pré-germés sur boue très fluide (ou sous 2 cm d'eau si on craint les prédateurs).

7.6. Semis en paniers, en pots ou en sacs plastiques :

Certaines cultures arbustives (arbres fruitiers et forestiers) sont semées en pépinières provisoirement, et lorsque les plants sont assez forts, on les transplante, c'est-à-dire qu'on les enlève de la pépinière puis on les transplante à leur place définitive sur le terrain.

- Pour éviter que les racines soient endommagées pendant la transplantation, on peut semer les graines dans les paniers tressées, des pots en terre cuite ou en plastique dur ; actuellement, on utilise de plus en plus les sacs de polyéthylène noir.

  Exemple : Semis des graines de papayer, manguier, anacardier.

7.7. Semis mécaniques :

On utilise surtout des semoirs motorisés ou attelés. Ce sont des appareils comprenant essentiellement une trémie dans laquelle on place les graines. Ces dernières descendent par des tuyaux jusqu'à un dispositif comprenant généralement des petits socs qui assurent l'enfouissement. Ces dispositifs creusent un petit sillon dans lequel tombe la graine, celle-ci est ensuite recouverte de terre.

L'utilisation des semoirs attelés présente les avantages suivants :

- semis rapide et régulier
- semer en lignes . à la bonne densité
  . à la bonne profondeur
- travaux d'entretien plus faciles.

Il existe des semoirs à monorangs ou multirangs.

7.8. Semis associés :

Les cultures associées sont généralement pratiquées en agriculture traditionnelle ; elles consistent à cultiver ensemble, sur une même parcelle, une ou plusieurs espèces végétales différentes. (Notons que la **culture dérobée** est une culture de courte durée, intercalée entre deux cultures principales).

Dans les zones tropicales humides, c'est le manioc cultivé avec le maïs, l'igname, le gombo, ou le riz avec le gombo et le piment.

Dans les régions plus sèches, les associations mil-niébé et mil-arachide constituent des pratiques classiques.

Les plantes sont semées ou plantées à des époques différentes suivant leur cycle cultural de façon qu'elles se gênent le moins possible.

Généralement, les cultures associées fournissent des rendement légèrement supérieurs à ceux des cultures pures correspondantes mais les résultats sont souvent très aléatoires.

Exemple : Les expérimentations ont montré que l'association mil-niébé est légèrement plus avantageuse que les cultures pures : il faut 1,10 ha de culture pure pour 1 ha de culture associée ; tandis que pour arachide-sorgho, il faut 1,02 ha pour 1 ha de culture associée.

La méthode présente des avantages et des inconvénients suivants :

Avantages :

- Meilleure utilisation des radiations solaires globales pour la photosynthèse ;
- Réduction des échanges latéraux par les plantes les plus hautes formant brise-vent ;
- Utilisation maximale des potentialités de nutrition minérale par le sol ;
- Protection des sols contre l'érosion ; amélioration de leur structure et conservation de matière organique.

Inconvénients :

- Effet néfaste au point de vue nutrition minérale si une carence plus ou moins marquée en un certain élément aboutit à un épuisement rapide de cet élément.
- Concurrence néfaste des éclairements de diverses plantes.

8. Quand doit-on faire un resemis ?

Dans des conditions normales de pluviométrie, le resemis est une opération qui ne s'impose par lorsqu'on obtient une levée des poquets supérieure à 80 %.

Le resemis qui n'est réalisable qu'à la main, ne se justifie :

- que si l'on constate une levée des poquets inférieure à 80 %, 10 à 12 jours après l'exécution du semis ;
- et, que l'on exécute celui-ci alors immédiatement (au maximum 3 jours après la levée générale) en prenant bien soin de ne pas redéposer les semences à l'emplacement exact des anciens poquets afin d'éviter la contamination des nouvelles semences par les parasites ayant pu occasionner la fonte des semis.

Les resemis tardifs, réalisés plus de 15 jours après les premiers semis, donnent naissance à des plantes trop fortement concurrencées par celles issus des premiers semis pour n'apporter, en définitive, qu'une production médiocre tout en restant plus attractif pour le parasitisme (particulièrement chez le cotonnier).

Tableau 8 : Nombre de semences, durée de germination et de maturation

Légume	Nombre approximatif de semences aux 100 g	Nombre de jours du semis à la germination	Nombre de semaines du semis ou de la plantation à la maturité
Carotte	90 000	8-14	10-14
Radis	9 000	3-5	4-5
Navet	40 000	6-10	8-10
Chou	35 000	5-8	10-13
Amarante	130 000	3-5	7-10
Epinard	5 500	5-7	8-10
Haricot nain	200 à 300	5-8	7-9
Haricot à rames	250 à 450	5-8	8-10
Haricot de Lima nain	75 à 175	5-8	8-10
Haricot de Lima à rames	75 à 175	5-8	10-12
Pois cajan	700	5-7	30-35
Aubergine	25 000	10-14	10-12
Tomate	35 000	7-10	10-12
Piment rouge	10 000	10-14	12-15
Laitue	90 000	4-6	7-9
Gombo	1 800	8-12	8-10
Oignon	25 000	8-10	14-16
Concombre	3 500	7-10	8-10
Potiron	750	6-8	12-15
Melon d'eau	750 à 1 000	9-12	14-16

IV. ACTIVITES PEDAGOGIQUES SUGGEREES

1. Faire un test de faculté germinative (voir question 2) de différentes sortes de semences récoltées à la ferme scolaire et chez les paysans. Comparer leur pouvoir germinatif. Essayer également avec les vieux stocks de graines récoltées pendant les précédentes campagnes ainsi que les graines sélectionnées provenant des stations de recherche (Comptage de graines doit être effectué 2 ou 3 fois).

2. Rechercher la valeur de pureté variétale des semences utilisées à la ferme scolaire (demander à la station de recherche, opération de production des semences, ferme semencière etc.).
   A partir de ces données, essayer de calculer la valeur culturale de ces semences.

3. Dans les champs de l'école et ceux des paysans, observer et noter les points suivants :
   + modes de semis, dates de semis, profondeur de semis, nombre de graines par poquet, écartements ;
   + discuter en classe les avantages et les inconvénients des modes de semis observés.

4. Participer aux opérations d'ensemencement (semis).

5. Exécuter ou assister à l'opération de désinfection des semences (noter le nom et la quantité du produit utilisé ainsi que ses propriétés).

6. Collectionner différentes sortes de graines de céréales (100 à 200 grammes) et estimer le poids de 1 000 graines; ce travail exige une balance de précision à 10 mg près (si l'école n'en possédait pas, demander l'aide du laboratoire de recherche ou du bijoutier de la place). Le comptage de graines doit être exact, il faut les recompter 2 ou 3 fois. Conseil pratique : compter par tranche de 10 ou 20 graines à la fois puis finalement les rassembler pour la pesée.
   A partir de ces données, calculer la quantité de semences par ha pour une culture donnée (en sachant le mode de semis, l'écartement...).

7. Faire un essai de profondeur de semis (culture en pot à 1, 2, 4, 6 et 10 cm de profondeur (par ex.) pour les semences de mil, sorgho, maïs, niébé, arachide etc.

   . observer la levée des plantules et noter les dates de leur sortie de terre et l'état végétatif (leur hauteur notamment). Discuter les résultats observés.

   . comparer également les semis sur sol sec et sol humide, graines trempées dans l'eau (24h avant le semis) ou non.

V. BIBLIOGRAPHIE

1. A.T.E.O.S. - Mon petit jardin, no. 14-
   Le Guide de la famille, ATEOS, Paris, 1982.

2. BIT. - Agriculture générale : Multiplication et amélioration des végétaux
   Cours de BIT/PNUD, Bamako, 1972.

3. Dictionnaire Larousse agricole, Paris, 1981.

4. FAO. - Fruits et légumes en Afrique occidentale
Rome, 1978.

5. FAO - Semences agricoles et horticoles - Rome, 1961.

6. Gaudy, M. - Manuel d'Agriculture tropicale
La Maison Rustique, Paris, 1965.

7. Gauthier, J. - Notions d'agriculture
Ed J. Gauthier, Pèrigueux, 1983.

8. Genech de la Louvière, T. - Manuel d'Agriculture
Ed. Le Syndicat Agricole, Lille, 1979.

9. Mémento de l'Agronome - 1980, Ministère de la Coopération française.

UNITE 3

MULTIPLICATION PAR VOIE VEGETATIVE OU ASEXUEE

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

A la fin de cette unité, l'élève sera capable :

- de connaître divers modes naturels de multiplication végétative des plantes ;
- de décrire les quatre principales méthodes artificielles de multplication des plantes par voie végétative ;
- de savoir comment pratiquer les multiplications par division, par marcottage, par bouturage et par greffage ;
- d'indiquer les intérêts pratiques de chacune de ces méthodes.

II. QUESTIONS D'ETUDES

1. Quels sont les modes naturels de multplication végétative ?
2. Quelles sont les méthodes artificielles de multplication par voie végétative ?
3. Quelles sont les différentes méthodes de propagation des plantes par division ou fractionnement ?
4. Qu'appelle-t-on marcottage ? Quelles sont les principales méthodes de marcottage ?
5. Qu'est-ce que le bouturage ? Quels sont les principes et les méthodes de bouturage ?
6. Que veut dire le greffage ? Quels sont les principes du greffage ?
7. Quelles sont les différentes sortes de greffes ?

III. DISCUSSIONS

1. Quels sont les modes naturels de multiplication végétative ?

La reproduction des végétaux peut s'effectuer par les moyens autres que la germination de graines.

En effet, la multplication végétative naturelle peut se faire de plusieurs manières :

- **Des stolons** ou **coulants** sont émis par le fraisier ; à chaque noeud, il naît des feuilles vers le haut, des racines adventices vers le sol. Lorsque le coulant est desséché, on a un nouveau pied.
- Le gingembre se multiplie par ses **rhizomes.**
- La pomme de terre par ses **tubercules.**
- L'ail par ses **caïeux** (ou cayeux) et l'oignon par ses **bulbes.**

Ce sont des bouturages ou marcottages naturels : les racines adventives émises sur ces tiges souterraines donnent au nouveau plant une vie propre.

- **Les drageons** sont des tiges qui se développent sur les racines de certains arbres (arbre à pain, palmier-dattier) ou plantes (bananier, sisal) ; on peut les séparer du pied-mère pour avoir un nouveau végétal.

2. Quelles sont les méthodes artificielles de multiplication par voie végétative ?

Les méthodes de multiplication asexuée (ou par voie végétative) sont faites :

- soit à partir d'organe qui, naturellement, assurent la propagation de l'espèce (drageons, rejets, tubercules, rhizomes, bulbilles, cayeux).

- soit artificiellement à partir de fraction d'organe capable de régénérer une plante entière (bouturage, marcottage) ou par association forcée de deux plantes (greffage).

On distingue quatre types de multiplication des plantes :

- La **division** ou le **fractionnement** : est la séparation de certains organes (bulbes, tubercules, drageons, rhizomes etc...) de la plante-mère pour avoir un nouveau végétal.
- Le **marcottage** : est la provocation artificielle d'organes nouveaux (racines et bourgeons) avant séparation de la plante-mère.
- Le **bouturage** : consiste à détacher d'une plante un fragment de racines, de rameaux ou de feuilles et de le placer dans des conditions favorables pour qu'il forme une nouvelle plante.
- Le **greffage** : consiste à faire souder une portion du végétal (greffon) sur un autre (sujet ou porte-greffe) qui par ses racines, fournira la nourriture nécessaire à la croissance et à la production de l'arbre.

4. Quelles sont les différentes méthodes de propagation des plantes par division ou fractionnement ?

Ce procédé qui consiste à séparer les proliférations qui possèdent déjà sur la plante-mère, sous une forme plus ou moins rudimentaire, tous les organes nécessaires à une vie autonome (racines, bourgeons).

4.1. Division de touffes :

Diviser une plante en deux ou plusieurs parties est un moyen courant pour multiplier de nombreuses espèces. On y recourt pour beaucoup de plantes herbacées vivaces, qui croissent en nombres serrées les unes contre les autres et réunies en touffes. S'il y a trop de plantes, les tiges et les racines se gênent et s'épuisent rapidement le milieu nutritif.

On déterre les touffes trop grosses et on les divise en petits plants individuels. On habille chaque plante et on repique.

Exemples : la citronnelle, la sansevière, le canna, l'imperata.

4.2. Division des tiges souterraines (rhizomes) :

On déterre les tiges souterraines, on les coupe comme des boutures et on plante chaque bouture.

Exemple : gingembre, sisal.

4.3. Division des caïeux ou bulbilles :

On détache à la main des caïeux ou bulbilles et on les plante.

Exemples : l'échalote, l'ail, l'amaryllis, sisal

4.4. Multiplication par rejetons :

L'ananas produit une espèce particulière de rejetons qu'on peut utiliser pour la multiplication une fois que le fruit est presque mûr. Il faut les détacher de la plante-mère très près du collet et les replanter aussitôt.

4.5. Multiplication par stolons :

On éclaircit quelques stolons pour favoriser leur croissance, on fixe les plantules régulièrement en rayons ou en étoile autour de la plante-mère à l'aide d'un fil de fer courbé en agrafe ou crampon en bois. Une fois qu'elles seront bien en place, on coupe les tiges qui les y raccordent.

Exemple : les fraisiers.

4.6. Le drageonnage :

Le drageonnage consiste à enlever chaque drageon et à le transplanter.

Certains arbustes ou plantes émettent tout naturellement dans la terre des tiges qui ressortent un peu plus loin, ce sont des drageons.

- Les drageons de l'arbre à pain poussent sur une racine.
- Les drageons du sisal poussent sur tige souterraine.
- Les drageons du bananier poussent directement sur la souche (les rejets du bananier peuvent être assimilés à des drageons).

4.7. Multiplication par fragmentation de tubercules :

On reproduit la pomme de terre soit par plantation de tubercules entiers, soit par fragments de tubercule qui doivent porter quelques yeux au sommet. On plante généralement les tubercules prégermés.

De même pour l'igname, on plante sur buttes des tubercules entiers ou partie proximale portant des bourgeons.

5. Qu'appelle-t-on marcottage ? Quelles sont les principales méthodes de marcottage ?

Le **marcottage** est un mode de multiplication des végétaux qui consiste à provoquer l'enracinement d'un rameau (ou tige) encore rattaché à la plante-mère, puis à séparer ("sevrer") celui-ci lorsqu'il est bien pourvu de racines.

Le marcottage, qui permet l'obtention d'une plante nouvelle semblable au pied-mère, est employé pour la reproduction d'espèces difficiles ou impossibles à multiplier par une autre méthode.

On distingue plusieurs procédés :

+ Marcottage simple ou par couchage
+ Marcottage en serpenteau
+ Marcottage en butte (ou sur souche ou cépée)
+ Marcottage aérien.

5.1. Marcottage simple ou par couchage :

- On enterre une tige dans le sol, un peu plus bas que son sommet, lequel reste en l'air. C'est donc dans la région de la tige située derrière le sommet que les racines seront induites. Une fois que les racines auront bien eu lieu, on pourra séparer la tige de la plante-mère.

  Notons que le développement des racines sera favorisé par les substances nutritives et les hormones qui trouveront concentrées là où la tige sera enterrée. Pour induire la formation des racines, le secret consiste à concentrer le mouvement des substances nutritives et des hormones dans les tissus de la tige, en les pliant d'au moins 90 degrés.

  Cette méthode exige que le végétal à marcotter ait des branches assez proches du sol et assez souples pour pouvoir être courbées en terre.

  Cette méthode est utilisée pour les passiflores, rosiers grimpants.

5.2. Marcottage en serpenteau :

Si le rameau est long et flexible, on l'enterre en pliant la tige en plusieurs arceaux dans le sol (cas de la grenadille).

5.3. Marcottage en butte ou en cépée : Cette méthode adaptée aux espèces pouvant se recéper facilement, est utilisée pour l'obtention de porte-greffe fruitiers. On utilise parfois le marcottage en butte pour le goyavier et le carambolier.

La plante est recépée, elle émet de nouvelles pousses. On fait alors une butte de terre contre la plante ; les jeunes pousses émettent des racines quand elles sont bien enracinées on les coupe.

5.4. Marcottage aérien :

- Lorsque l'arbre est trop gros ou à bois cassant on fait du marcottage en l'air (ou aérien).
- Sur un rameau, on enlève un anneau d'écorce (incision annulaire) et fait une ligature serrée avec une ficelle sur la partie dénudée afin d'éviter que l'écorce vienne la recouvrir.
- On met juste au-dessus de la partie incisée un régulateur de croissance tout autour de la tige (voir plus loin).
- La plaie est ensuite entourée de terre maintenue par un manchon de chiffons ou de mousses humides. On peut aussi employer un mélange de compost fibreux et de sable ou de sciure de bois humidifié. On enveloppe le tout avec une feuille de polyéthylène transparent que l'on attache en haut et en bas avec de la ficelle ou de ruban adhésif.
- On peut aussi placer la marcotte dans un pot coupé en deux lui-même enfermé dans une caisse pleine de mousse.

Le marcottage aérien est le plus utilisé en arboriculture fruitière tropicale pour la multiplication du litchi, du goyavier et du mangoustanier.

Comment faire une incision annulaire ?

- Soit enlever un anneau d'écorce d'environ 1 cm de largeur en se servant d'un couteau bien affûté
- ou bien entourer la tige d'un fil de fer qu'on tordra très serré
- ou bien pratiquer une entaille oblique en travers de la tige à mi-hauteur et la tenir ouverte au moyen d'une allumette.

6. Qu'est-ce que le bouturage ? Quels sont les principes et les méthodes de bouturage ?

Le bouturage consiste à séparer un fragment de végétal ou "bouture" (racine, tige, feuille, tissu) et à mettre dans les conditions favorables (humidité, chaleur, aération) à la rhizogenèse (formation des racines) qui donne ainsi une nouvelle plante en tous points semblable au pied-mère.

6.1. Principe général du bouturage de tige :

6.1.1. Choix de bouture : choisir une plante qui a atteint récemment sa maturité et qui appartient à une variété relativement nouvelle que l'on recherche à multiplier.

Toute la réussite de la multiplication dépend de la faculté de la bouture à produire des racines : on choisit donc les boutures sur des rameaux de grosseur moyenne ; bien aoûtés c'est-à-dire mûrs (bois dur ayant un an au moins), on évite ainsi les rameaux trop jeunes et les rameaux trop âgés.

6.1.2. Hormones d'enracinement :

Certaines substances chimiques provoquent ou régularisent les réactions de croissance de certaines plantes lorsqu'on les utilise à des doses très faibles. L'action de ces substances consiste à accroître la capacité innée qu'a la tige (utilisée comme bouture) d'émettre des racines et à augmenter le nombre de racines et la rapidité de leur production.

La majorité des **hormones** d'enracinement sont sous forme de poudres ou de liquide. Les régulateurs de croissance employés sont surtout l'acide indole butyrique (AIB), l'acide naphtalène acétique (ANA) et l'acide indole acétique (AIA).

6.1.3. Technique générale :

- Choisir un rameau bien aoûté c'est-à-dire un rameau qui ait au moins un an.
- Chaque bouture a une vingtaine de centimètres de long.
- Une coupure nette est faite au sommet de la bouture ; immédiatement au-dessus d'un noeud, et une autre à sa base, au-dessous d'un noeud.
- On coupe presque toutes les feuilles au ras de la tige en laissant une ou deux au sommet pour tirer la sève.
- Si les feuilles sont grandes, on en coupera la moitié pour éviter une évaporation excessive.
- On favorise l'enracinement et accélère la reprise de la plante en utilisant des hormones de synthèse.
- On enfonce les boutures à moitié de leur longueur dans un sol bien préparé.
- Les boutures doivent être solidement enfoncées, en général, verticalement de façon que leur base soit partout en contact avec le sol.
- En pépinière, espacer les lignes de 10 à 15 cm et les boutures de 3 à 5 cm sur la ligne.
- Il faut ombrer, arroser et désherber, surtout durant la saison sèche.
- Quand la bouture a donné une tige saine et bien enracinée, on peut la replanter dans un pot ou bien directement en place.

6.2. Différentes méthodes de bouturage :

On distingue plusieurs types de bouturage :

* Boutures de tige :

  + bouturage **en sec** : on emploie des rameaux ayant perdu leurs feuilles et possédant des bourgeons au repos.

+ bouturage **en vert** : on utilise des rameaux feuillés ligneux ou herbacés, dont on supprime les feuilles inférieures pour limiter l'évaporation (on parle alors d'habillage).

* Boutures de racines.
* Bouture de feuilles, d'embryons foliaires, de tissus.

6.2.1. Boutures de tige :

A. Bouturage en vert :

- **Bouturage en plançon** : se pratique avec de gros rameaux, aoûtés pour les espèces à enracinement facile comme le figuier.
- **Bouturage par rameaux ligneux défoliés** : il se pratique sur des bois d'un an prélevés sur des arbres en repos végétatif. Le goyavier, et le figuier se prêtent bien à cette technique.
- **Bouturage par rameaux ligneux feuillés** : seules les 2 ou 3 feuilles supérieures seront conservées ou habillées ; les feuilles de base sont sectionnées. Cette technique sous ombrière est souvent doublée d'emploi d'auxines. Elle donne de bons résultats avec le goyavier.
- **Bouturage de rameaux herbacées ou semi-herbacés** : avec les mêmes contraintes que précédemment, cette technique est employée pour le goyavier, la grenadille, l'avocatier, certains porte-greffe d'espèces fruitières.
- **Bouturage à talon** : cette technique est la plus classique pour les boutures de tiges (bois tendre, vert ou semi-aoûté). On enlève de la plante-mère un jeune rameau latéral en veillant à prélever en même temps que lui le talon, c'est-à-dire un mince fragment d'écorce et de bois de la vieille tige qui porte le rameau en question.

- **Boutures à crossettes** sont les boutures à talons munies à la base d'un solide morceau de bois dur (qui les protège contre les pourrissements).

B. Bouturage en sec :

- Boutures à un oeil : pour certaines espèces de plante, il suffit d'un fragment de rameau portant seulement un oeil (bourgeon) pour obtenir une autre plante (cas de figuier).

C. Exemples de bouturage des tiges :

a. Bouturage du manioc :

- Prélever des tiges bien droites sur des plants mûrs aoûtés et sains (exemptes de mosaïque).
- Diviser des tiges en boutures de 20 à 40 cm de longueur. Chaque bouture possédant 4 à 5 yeux dormants (éliminer la partie terminale en raison des rendements moindres qu'elle procure).
- Les boutures sont plantées, en général, obliquement ou verticalement à raison de 2 à 3 par emplacement.
- Les enfoncer jusqu'aux trois quarts de leur longueur.
- A respecter leur géotropisme (position de la tige telle qu'elle se trouve sur la plante).

b. Bouturage de patates douces :

- Préparer les boutures de 20 à 30 cm portant 3 à 4 bourgeons prélevées sur des plants sains.
- Il est conseillé de les désinfecter par trempage dans une solution fongicide d'insecticide (par ex : manèbe + trichlorfon).
- Supprimer les feuilles sur 2 noeuds inférieurs (partie à enterrer).
- Les feuilles supérieures sont habillées à la moitié du limbe.
- Placer les boutures dans le sol obliquement (1 à 3 boutures par emplacement).

6.2.2. Boutures de racine :

Les boutures de racines sont assez rares. On fait avec des fragments de 5 cm environ (acacia, géranium).

6.2.3. Boutures de feuille, d'embryon, de tissus :

- **Boutures de feuille :** les feuilles de certaines espèces sont capables de s'enraciner et d'émettre des bourgeons pour former une plante nouvelle.

  Exemple : la feuille de Sanseviera (plante ornementale) s'enracine par sa base lorsqu' un tronçon est piqué en terre.
- **Boutures d'embryon foliaire :** quelques plantes sont capables de développer des groupes isolés de cellules simples sur leurs feuilles, ces cellules dites "embryons foliaires" peuvent ensuite devenir des plantules (fougères asplénium).
- **Boutures de tissus :** technique de multiplication récente "in vitro" qui fait appel à la culture de méristèmes sur milieu artificiel (recherche de multiplication du fraisier, de palmier-dattier, porte-greffe de l'avocatier).

7. Que veut dire le greffage ? Quels sont les principes du greffage ?

Le **greffage** est l'union d'une partie de végétal (greffon) à une autre plante (porte-greffe ou sujet) en vue de la constitution d'un seul individu qui bénéficie des qualités des deux végétaux réunis.

7.1. But du greffage :

Le greffage permet de :

+ conserver les caractères de la variété.
+ améliorer les espèces spontanées en les greffant sur elles-mêmes.
+ conférer des caractères de tolérance ou de résistance à certaines espèces ou variétés par le biais du porte-greffe : tolérance à certaines maladies, tolérance à certains facteurs limitants du milieu (froid, sécheresse, humidité excessive, acidité, alcalinité, etc.).

7.2. Principes de base du greffage :

L'union entre les deux végétaux s'opère par contact étroit entre les **cambiums** (minces couches vertes situées juste sous l'écorce) et les tissus vasculaires des deux partenaires. Pour amintenir la greffe en place, on ligature le point de greffe avec un lien (raphia, plastique) et on le protège par du mastic à greffer.

La réussite des greffes est fonction de certaines conditions :

- existence d'une certaine affinité entre le sujet et le greffon : les greffes sont toujours possibles au sein d'un même genre, plus difficiles entre des plantes de genres différents ; mais impossibles entre des végétaux de familles distinctes (les incompatibilités végétales se traduisent notamment par les décollements de greffe volumineux).
- mise en contact étroit des cambiums du sujet et du greffon.
- état de végétation sensiblement identique du sujet et du greffon.
- présence sur le greffon d'au moins un oeil bien constitué, d'où naîtra une pousse vigoureuse.

- bon état sanitaire du porte-greffe et du greffon : les soins donnés pendant et après greffage (ligature, engluage, effeuillage etc.).
- habileté du greffeur.

Pour réussir une greffe, il est essentiel de bien déterminer la position des divers tissus aussi bien du sujet que du greffon, afin de réaliser entre les deux tiges une union rapide et durable.

Il faut donc placer la couche de cambium du greffon et celle du porte-greffe de telle façon qu'elles soient absolument adjacentes l'une et l'autre ou que le contact soit aussi intime que possible afin que s'effectue le passage de la sève du sujet dans le greffon et que la soudure ait lieu.

7.3. Outils et matériel pour le greffage :

7.3.1. Les outils :

+ Le greffoir avec spatule : la spatule sert pour soulever l'écorce ;
+ La pierre à aiguiser : pour faire des coupes parfaites avec un greffoir ;
+ La serpette : pour désongleter et parer les plaies de taille ;
+ Le sécateur : pour opérer une taille nette sur les tiges dures ou tendres ;
+ La scie égoïne : pour le surgreffage ;
+ Outil spécial pour la greffe en placage ou en fente.

7.3.2. Produit et petit matériel :

+ Mastic à greffer : différents produits vendus dans le commerce servent à protéger les plaies (contre les attaques des insectes et des maladies) et à éviter la dessication des tissus.

+ **Attaches** : le raphia, rubans de tissus paraffinés, rubans en chlorure de polyvinyle transparent (très largement employés en raison de leur imperméabilité à l'eau alors qu'ils permettent les échanges gazeux). Pratiquement, on a recours à des feuilles de plastique transparent découpées en bandes.
+ **Etiquettes** : étiquetage des greffes, avec le nom de la variété et la date de greffage, est indispensable pour éviter toute erreur.
+ **Des tuteurs** : sont nécessaires pour protéger des jeunes greffes fragiles (contre les vents forts).

8. Quelles sont les différentes sortes de greffes ?

8.1. Greffe par approche : c'est la greffe la plus sûre, sujet et greffon restant alimentés par leurs racines jusqu'à la soudure.

Technique : Enlever un lambeau d'écorce de même taille et dimension sur les deux rameaux à greffer, de façon que ces entailles coïncident parfaitement lorsqu'elles sont appliquées l'une sur l'autre ; les maintenir en contact par une ligature serrée. Le porte-greffe est généralement élevé en pot pour être facilement placé près de la plante-mère qui fournit le greffon (exemple : manguier).

8.2. Greffes en fente :

8.2.1. Greffe en fente terminale :

Cette méthode convient aux tiges de 5 à 7 cm de diamètre au maximum. Elle est utilisée pour la multiplication du manguier et de l'avocatier.

Technique : Le sujet est sectionné horizontalement puis fendu verticalement au milieu sur 4 à 5 cm son diamètre. On insère ensuite 1 ou 2 greffons (suivant le cas) portant 3 yeux et taillés en biseau. Faire coïncider les cambiums aussi exactement que possible. Ligaturer au raphia puis engluer complètement la plaie et la coupe supérieure des greffons avec du mastic à greffe pour les soustraire au contact de l'air.

8.2.2. Greffe en courronne : est utilisée pour le greffage de gros sujets, comme le goyavier et le manguier ou comme technique de surgreffage.

Technique : Inciser verticalement l'écorce sur 4 à 5 cm aux endroits prévus pour la pose des greffons. Couper ces greffons à 3 yeux, entaillant leur base en biseau allongé et en formant un épaulement atteignant le tiers du diamètre. Insérer les greffons sous l'écorce après avoir écarté avec une spatule du greffoir l'une des lèvres de l'incision et de façon que l'épaulement soit "assis" sur la coupe du tronc. Ligaturer et engluer la plaie au mastic à greffer.

Le surgreffage : c'est la greffe d'arbres déjà plantés en verger par exemple. Elle permet de changer de variété ou de reconstituer un arbre abîmé.

8.3. Greffes latérales de rameaux :

8.3.1. Greffe en fente latérale :

Le greffon est constitué par une extrémité de rameaux dont on fait gonfler le bourgeon apical par effeuillage.

Technique :

- Sur le greffon on pratique deux entailles à partir de 2 cm de l'extrémité supérieure afin de former un double biseau d'environ 5 cm de longueur.
- Sur le porte-greffe, on fait une entaille oblique vers la partie inférieure de la même longueur, la base de l'entaille devant avoir la même largeur que le double biseau du greffon.
- Le biseau du greffon est enfoncé dans l'entaille du sujet en faisant coïncider les assises génératrices, puis on ligature avec un ruban de polyvinyle.

8.3.2. Greffe en placage de côté :

Cette méthode de greffage est utilisée pour la multiplication de l'avocatier et du manguier.

Technique : Sujet et greffon doivent être sensiblement de même diamètre. Tailler le greffon en sifflet allongé et faire à la base du porte-greffe une entaille correspondant à cette coupe, en entamant la tige jusqu'à l'aubier. Assembler les deux parties en les juxtaposant parfaitement. Maintenir cet ensemble par une ligature de raphia ou de ruban polyéthylène.

8.4. Greffes de rameau en tête :

Greffe à l'anglaise : il faut que le sujet et le porte-greffe ont de diamètre identique. On l'applique cette greffe sur les arbres fruitiers (les annonacés) à une hauteur d'environ 25 cm au-dessus du niveau du sol.

Technique : Ecimer le porte-greffe. Faire une section oblique de 4 cm environ du porte-greffe à travers l'extrémité supérieure de la tige. Pratiquer une section à ras au-dessus d'un bourgeon de façon à laisser en place entre la base et l'apex du greffon 4 ou 5 autres yeux. Opérer ensuite à la base du greffon une section oblique de 4 cm environ qui se termine juste au-dessus d'un bourgeon.

Pratiquer une incision peu profonde (1 cm environ) à 1/3 de la longueur et section oblique au sommet du porte-greffe. Façonner une languette sur le greffon en l'incisant de 1 cm environ, à 1/3 de la longueur de la section olbique à partir du bas.

Glisser ensuite le greffon dans le porte-greffe de telle manière qu'ils se tiennent bien l'un et l'autre. Attacher la greffe au moyen d'un ruban de polyéthylène pour greffage.

8.5. **Greffe d'oeil ou en écusson (écussonnage) :** cette technique de greffage, quasi universelle pour les agrumes et les rosacées fruitières, est beaucoup moins utilisée pour les autres espèces tropicales.

Technique : Cette méthode consiste à insérer un bourgeon derrière l'écorce du porte-greffe, de telle manière que le dos du bourgeon se trouve en contact étroit avec le cambium du porte-greffe.

On distingue différents types de greffe en écusson :

8.5.1. Greffe en écusson en "T" ou en "T renversé"

Sous les climats chauds, on pratique beaucoup plus la greffe en "T renversé" que la greffe en T (elle donne de meilleurs résultats pour le manguier notamment).

Technique : le greffon est un oeil prélevé au greffoir sur le rameau, avec l'écorce qui le porte, sans entamer l'aubier. Ensuite, on décolle délicatement le bois qui y subsiste sans abîmer la partie interne du greffon et sans "vider l'oeil" de son petit prolongement boisé.

Faire sur le sujet une incision 3 à 6 cm de long en T ou en T renversé (incision dans le cambium sans pénétration dans le bois) dans laquelle on insère délicatement l'écusson après avoir soulevé soigneusement les deux côtés de l'écorce incisée. L'oeil doit être placé entre les deux lèvres de l'écorce. On ligature ensuite avec du raphia ou du ruban de plastique que l'on enroule en serrant bien et en commençant au-dessous des incisions. La soudure de la greffe est assurée environ un mois plus tard.

8.5.2. Greffe en placage ou en panneau :

Technique : On découpe sur le sujet, à l'endroit choisi pour la greffe, un carré d'écorce de 12 à 15 mm de côté. On découpe sur la branche de la variété à greffer autour de l'oeil un carré ayant exactement les mêmes dimensions. On le soulève avec précaution, le met en place sur la fenêtre et ligature avec un ruban de plastique en recouvrant l'oeil.

8.5.3. Greffe en H : ce nom est dû à la disposition en H des incisions.

Technique : Deux incisions verticales et une incision horizontale à mi-hauteur entre les précédentes. Le greffon a la même dimension que la fenêtre pratiquée sur le porte-greffe.

Soins généraux aux greffes d'yeux :

Il est recommandé de greffer, si possible, sur le côté du porte-greffe, opposé au soleil. On protège le greffe contre le soleil avec une feuille ou morceau de papier attaché au-dessus.

Si la greffe est bien soudée, on fait une incision annulaire à 5 cm au-dessus du point de greffe et une autre distante de 2 cm, on enlève l'écorce situé entre ces incisions.

IV. ACTIVITES PEDAGOGIQUES SUGGEREES

1. Dans les champs, verger, jardin et les environs, observer les modes de propagation des plantes cultivées et de la végétation naturelle. Dresser une liste de plantes et leurs modes de propagation ainsi que leur fréquence.

2. Pratiquer une multiplication végétative par les méthodes suivantes :

   - Par fractionnement : gingembre, patate douce, igname, citronnelle, sisal, ananas, ail, bananier, fraisier, menthes.
   - Faire germer quelques tubercules de pommes de terre (dans un endroit plus ou moins éclairé) et observer les germes issues des yeux. Planter les fragments germés et suivre leur croissance.
   - Par marcottage aérien : goyavier, ficus (caoutchouc)
   - Par bouturage

     . de tiges : patate douce, canne à sucre, manioc, hibiscus, bougainvillée.

     . de feuilles : sansevieria (les portions de feuilles sont laissées sécher à l'air, au préalable, pendant 24h pour cicatriser les coupes).

- Par greffage :

  . par approche : mangotier, manguier, oranger, mandarinier, citronnier.
  . en fente : avocatier
  . en écusson : rosier, oranger, manguier
  . en fente terminale : hibiscus, tomate
  . en placage latérale : manguier.

V. BIBLIOGRAPHIE

1. De Laroussilhe. - Le manguier
   G.P. Maisonneuve et Larose, Paris, 1980.

2. FAO. - Fruits et légumes en Afrique occidentale
   Roem, 1978.

3. Gaudy, M. - Manuel d'Agriculture tropicale
   La Maison Rustique, Paris, 1965.

4. Genech de la Louvière, T. - Manuel d'Agriculture
   Ed. Le Syndicat Agricole, Lille, 1979.

5. Marche-Machard, J. - Le monde végétal en Afrique inter-tropicale. Ed. de l'Ecole, Paris, 1965.

6. McMillan Browse, P. - La multiplication des plantes
   F. Nathan, Paris, 1981.

7. Mémento de l'Agronome. - 1980, Ministère de la Coopération française.

8. Pringent, P. - La multiplication des végétaux, No 114
   A.T.E.O.S., Paris 1983.

UNITE 4

LA PLANTATION

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

A la fin de cette unité, l'élève sera capable :

- de donner la différence entre la plantation et le repiquage ;
- de connaître les différentes techniques de plantation des espèces cultivées ;
- de savoir préparer les plants et faire les repiquages en riziculture irriguée et en culture maraîchère ;
- de décrire des techniques et dispositifs de plantation des arbres fruitiers ;
- de savoir préparer et planter des boutures.

II. QUESTIONS D'ETUDES

1. Qu'est-ce que la plantation ? Le repiquage ? Quelles sont les techniques de plantation des plantes cultivées ?
2. En riziculture irriguée, comment effectue-t-on le repiquage ?
3. En culture maraîchère, quels sont les travaux préparatoires et les opérations de répiquage des plants ?
4. Quels sont les techniques et dispositifs de plantation des arbres fruitiers ?
5. Que doit-on faire pour la mise en place des boutures ?

III. DISCUSSIONS

1. Qu'est-ce que la plantation ? Le repiquage ? Quelles sont les techniques de plantation des plantes cultivées ?

La **plantation** est l'action de planter, c'est-à-dire de replacer en terre un végétal préalablement arraché pour qu'il continue à se développer dans des meilleures conditions que possible.

On plante de façon définitive les arbres "à demeure" ou "en place" ou jusqu'à la récolte des plantes annuelles.

On plante temporairement **"en pépinières"** (repiquage) les jeunes plants dont on veut augmenter les dimensions en attendant de les planter à demeure ou définitivement.

La **transplantation** est l'opération qui consiste à déterrer une plante pour la replanter d'ailleurs.

Le **repiquage** est la mise en place d'un jeune plant semé en pépinière.

On peut planter :

* manuellement avec un plantoir ou un outil à main, destiné à faire des trous dans la terre pour la plantation ou le repiquage (plantes légumières).
* mécaniquement à l'aide des machines planteuses destinées à assurer la plantation automatique des tubercules (pommes de terre par exemple) ou des repiqueuses destinées à mettre en terre, à sa place définitive, un jeune plant préalablement semé en pépinière (repiqueuse japonaise de riz).

On distingue les principales techniques de plantation selon les types de culture suivants :

- En riziculture irriguée : le repiquage
- En culture maraîchère : le repiquage

- En arboriculture fruitière : la plantation et la transplantation.
- En plantation des boutures.

2. En riziculture irriguée, comment effectue-t-on le repiquage ?

On recourt souvent aux techniques de repiquage en lignes, qui facilitent les travaux d'entretien dans les rizières (utilisation de la houe rotative).

La technique de repiquage en lignes repose essentiellement sur :

- le planage de la rizière et le niveau de l'eau
- l'âge des plants et leur préparation
- la profondeur de repiquage
- le nombre de brins par touffe et les écartements.

* Le **niveau d'eau** dans la rizière : le repiquage se fait de préférence dans boue fluide (tolérance de 3 à 5 cm d'eau au maximum).
* L'**âge** des plants à repiquer varie, selon les variétés et les régions, entre 30 et 100 jours de séjour en pépinière.
* La **préparation des plants** consiste à éliminer les sujets chétifs et à l'habillage des plants (léger rognage des racines et des feuilles).
* La **profondeur** de repiquage varie suivant la consistance du sol et l'âge des plants (3 à 5 cm de profondeur). Le plant ou la touffe de plants doit être enfoui dans le sol verticalement, la main faisant office de plantoir.
* Le **nombre de brins** varie entre 1 à 15 plants par touffe et selon l'importance du tallage de la variété et les écartements ; ces derniers sont très variable (20 x 20 cm ; 30 x 30 cm ou 40 x 40 cm etc...).

3. En culture maraîchère, quels sont les travaux préparatoires et les opérations de repiquage des plants ?

3.1. Travaux préparatoires :

3.1.1. Les planches : tous les semis et les repiquages des plants ou des végétaux de faible encombrement (cultures maraîchères, tabaculture, pépinières de plantes florales et ornementales) occupent des planches.

Les planches sont des parcelles rectangulaires plus ou moins longues, sa longueur peut varier selon le besoin de sentiers de passages et la nécessité d'écoulement de l'eau de surface. Sa largeur varie de 1 à 1,10 m, ces dimensions permettent, à partir du sentier (de 35 à 40 cm de largeur), d'atteindre facilement les sujets qui se trouvent au milieu des planches sans endommager les cultures.

Le système de la planche normalement surélevée est utilisée pour la culture des légumes en saison humide et celui de la planche en creux (légèrement concave) en saison sèche, à cause de la nécessité des irrigations copieuses et fréquentes.

3.1.2. L'opération de dressage des planches :

On commence par en délimiter la surface de la planche en plantant un piquet aux 4 coins. On tend un cordeau entre ces piquets et on dresse la terre contre cette ligne pour constituer les côtés de la planche. Cette terre est prélevée sur le sentier qui entoure la planche.

Les côtés ont de 15 à 20 cm de hauteur, inclinés à 45° vers l'extérieur. Les côtés doivent être bien bien aplatis (avec le dos de la pelle) pour éviter l'écroulement par l'eau de ruissellement (fortes pluies par ex.).

Pour obtenir une planche creuse, on peut enlever un peu de terre au milieu pour constituer un rebord tout autour. On ratisse ensuite la partie centrale de la planche pour lui donner une surface concave.

3.2. Le repiquage :

Le stade de développement le plus favorable au repiquage varie selon les variétés mais se situe généralement à l'époque où le plant a atteint 5 à 7 cm de haut. Le repiquage de la pépinière à la planche définitive, doit avoir lieu le soir ou par temps couvert. Les plants sont dépiqués à l'aide d'un déplantoir en prenant soin de ne pas endommager le système radiculaire. Il est recommandé d'arroser avant l'opération.

On utilise le **déplantoir** pour déterrer les plants et creuser les trous. Les plants sont repiqués dans un trou pratiqué au **plantoir** en s'assurant que les racines s'étaient bien dans le trou et n'ont été ni tordues ni retournées pendant l'opération.

Pour assurer la reprise, il faut bien tasser le sol autour des plants en pressant des deux mains la terre à la base de la tige.

3.3. L'ombrage :

Il est important de bien arroser et ombrer les plants nouvellement repiqués. Chaque plante peut être ombré individuellement en plaçant une grande feuille (arbre à pain ou tout autre feuillage) de façon qu'elle l'abrite des rayons du soleil. L'ombrage peut être tiré au bout de 4 ou 5 jours où lorsque les feuilles du plant ont repris leur couleur et leur fermeté.

4. Quels sont les techniques et dispositifs de plantation des arbres fruitiers ?

4.1. Epoque de la plantation :

La saison humide est celle qui convient le mieux à la plantation et à la transplantation des arbres fruitiers parce que les arbres plantés au début de saison des pluies disposeront de plusieurs mois pour développer un bon système radiculaire avant le début de la saison sèche.

La plantation en saison sèche n'est pas recommandée mais elle est possible à condition de protéger les plants de soleil et de les irriguer régulièrement.

4.2. Préparation de la plantation :

Après avoir choisi le terrain pour la plantation (verger) et les différentes espèces d'arbres à planter dont on connait les écartements pour chaque espèce choisie, on détermine le nombre d'arbres de chaque espèce à planter et la surface occupée et on marquera l'emplacement de chacun d'eux à l'aide d'un piquet de bois.

Pour tracer les lignes, on prendra un des côté de la plantation comme ligne de base. On procède le piquetage suivant le dispositif adopté.

4.3. Dispositifs de la plantation :

La plupart des arbres fruitiers prenant un grand développement spacial, les écartements entre les arbres sont donc importants.

Trois types de plantation sont possibles :

* Plantation à densité double, la moitié des arbres sera ensuite arrachée quand ils commenceront à se gêner.

* Plantation dans les interlignes d'une autre espèce fruitière entrant rapidement en production et qui sera arrachée plus tard.
* Plantation avec des cultures annuelles en interlignes.

On choisira d'après le type de plantation retenu, le dispositif qui convient le mieux :

4.3.1. Plantation en carré : où la distance entre les lignes d'arbres est la même entre les plants sur la ligne ; les 4 arbres voisins forment un carré.

Exemple : Distances de plantation en carré :

8 x 8 m soit une densité de 156 arbres/ha
13 x 13 m soit une densité de 59 arbres/ha.

4.3.2. Plantation en quinconce : en ajoutant une ligne supplémentaire à la disposition en carré, chaque arbre se trouvant au point d'intersection des diagonales joignant les 4 arbres les plus proches. Ceci revient à décaler les arbres des lignes intermédiaires de la moitié (L/2) de la distance (L) entre 2 arbres sur la même ligne.

Exemple : plantation en carré de 13 x 13 m (59 arbres/ha) complétée par des lignes intermédiaires de 6,50 m entre les lignes et de 13 m entre les arbres (6,5 x 13 m soit 118 arbres/ha).

4.3.3. Plantation en triangle ou en hexagone : dans ce type de plantation, chaque arbre d'une ligne forme avec les 2 autres arbres les plus proches de la ligne voisine un triangle équilatérale ; chaque arbre se trouve donc au centre d'un hexagone formé par les arbres voisins.

Exemple : si les arbres sont espacés de 13 m sur la ligne, les lignes seront espacées de 11,25 m soit 68 arbres/ha (contre 59 pour une plantation en carré de 13 x 13 m).

4.4. Trous de plantation :

Pour tous les arbres et arbustes fruitiers, le trou de plantation mesurera 1 x 1 x 1 m environ. Si le sol est fertile, on pourra réduire les dimensions à 75 cm dans tous les sens.

Technique :

- Nettoyer complètement la surface du sol (enlèvement des pierres, détritus, souches, mauvaises herbes etc...).
- Creuser les trous, en prenant soin de séparer la couche supérieure du sol, souvent humifère et fertile (de 30 à 45 cm de profondeur), de la terre du sous-sol. Les deux couches de terre seront donc mises en deux tas distinctes de part et d'autre du trou.
- Le fond du trou sera ameubli et toutes les pierres (supérieures à 5 cm de diamètre) seront enlevées.
- Sur le fond ameubli on étalera une couche de 10 cm environ de matière organique bien décomposée (source nutritive et rétention d'eau). Cette couche sera fortement damée avant d'être recouverte de terre.
- Le tas de sol superficiel sera mélangé à un volume égal de bonne terre superficielle qui entoure le trou. On y ajoutera du compost si possible et d'engrais complet NPK (à raison d'une cinquantaine de grammes par cuvette de mélange de terre). Ne pas ajouter de la terre du sous-sol à ce mélange.
- Le trou est rempli de ce mélange par couches successives de 10 cm à 15 cm que l'on tasse soigneusement. Si le sol est sec on arrosera le trou, au fur et à mesure, jusqu'à ce que le sol soit bien imbibé d'eau.

4.5. Transplantation :

- Les plants élevés en pépinières sont déterrés et manipulés soigneusement afin que leur système radiculaire ne soit pas endommagé.
- Une fois déplantés, les sujets sont repiqués aussitôt que possible et sans être exposés en pleine soleil.
- Si le plant a un très grand système radiculaire, on devra sectionner quelques racines les plus longues ainsi que les racines endommagées.

A l'aide de la règle à planter, se basant sur le piquet indiquant l'emplacement de l'arbre, on disposera de part et d'autre les deux piquets repères qui permettront de mettre le jeune plant exactement à sa place voulue.

- Le plant étant maintenu à la hauteur voulue au centre de trou, de façon que la base du collet de l'arbre soit, après tassement, à quelques centimètres au-dessus du niveau du sol.
- On épand la terre sur les racines et on la tasse avec le pied de temps en temps.
- Le tronc sera secoué de temps en temps pour assurer la consolidation du sol autour des racines et éviter les poches d'air (nuisibles pour la croissance de la plante).
- Si la transplantation est effectuée par temps sec, on élarguera le plant pour réduire l'évaporation produite par les feuilles. Les coupes se feront au-dessus d'un noeud ou d'un oeil, et les feuilles pourront être coupées au tiers.

- On protègera le plant du soleil au moyen de feuilles de palmier, par exemple, rattachées en forme d'un cône autour du plant ou d'une petite plateforme en branches érigée autour du plant.
- On maintient verticalement la tige principale à l'aide d'un tuteur enfoncé en terre le long du tronc.
- On enroule un bout de toile (ou jute) autour du tronc de l'attache pour éviter qu'il ne soit endommagé par le frottement entre le tuteur sous l'effet des vents.

4.6. Cas de transplantation des plants élevés en pots :

- Quand le trou a été rempli à 15 en 20 cm de la surface, on dépote soigneusement le plant et la place ensuite au centre du trou partiellement rempli et on ajoute le sol en le tassant, autour des racines.
- On règle la position du plant de façon que le sol soit au même niveau de la tige que dans le pot (ne pas trop profondément enterrer).
- Après la plantation, on aplanit le sol et on arrose le plant.
- Il est bon d'étaler un paillis de compost décomposé ou d'herbe sèche, sauf dans l'espace qui entoure immédiatement le tronc (le paillis peut abriter des insectes et fourmis nuisibles de la jeune tige).

5. Que doit-on faire pour la mise en place des boutures ?

Les boutures (manioc, canne à sucre, patate douce) peuvent être placées horizontalement, verticalement ou obliquement à raison de 2 à 3 boutures par emplacement.

- En règle général, on préfère la position horizontale pour les boutures courtes (longueur inférieure à 20 cm). On place la bouture à plat dans le fond d'un trou ou d'un sillon tracé à la charrue à la profondeur de 7 à 8 cm et on la recouvre d'environ 5 cm de terre. Ce mode de plantation est surtout employé dans les sols préparés à plat ou en planches.

  Pour la plantation industrielle de la canne à sucre, les boutures sont déposées, horizontalement, bout à bout au fond des sillons.

- La position verticale ou inclinée (à 45° ou à 60° par rapport à l'horizontale) peut être donnée aux boutures longues (supérieures à 20 cm). Celles-ci sont disposées de manière à laisser 2 à 3 entre-noeuds hors du sol.

  On peut enfoncer à la main jusqu'à la profondeur voulue. Cette méthode est de règle quand on plante sur le sommet de billons (manioc).

  Lorsqu'on les place verticalement, on donne généralement aux boutures la position qu'elle avaient sur la tige c'est-à-dire la section inférieure vers le bas (géotropisme).

Tableau 9 : Modes de plantation de boutures de manioc (rendements en tonnes/ha).

Longueur de bouture		Placement bouture		Plantation (écartements)			
10 cm	20 cm	Hor.	Vert.	1 x 0,5m	2 x 0,5m	1 x 1 m	2 x 1 m
28,9	25,7	24,8	29,8	37,3	35,4	33,9	32,4

Dans ce cas, le mode de plantation sera : bouture verticale, de 10-15 cm de long, à 1 x 0,5 m d'écartement.

IV. ACTIVITES PEDAGOGIQUES SUGGEREES

1. Dans la concession de l'école, participer aux opérations de plantation des arbres fruitiers (agrumes, manguiers etc.).

2. Dans le cadre de la lutte contre la déserfication, organiser une "Journée de l'Arbre" au cours duquel on plante quelques essences forestières (neem, teck, gmelina etc.).

3. Dans le jardin maraîcher, pratiquer le repiquage des plantules telles que la tomate, le poivron, les choux, la laitue, l'oignon etc.
   Si possible, procurer quelques pieds de fraisiers et suivre la croissance et le développement des stolons.

4. Dans la rizière, pratiquer le repiquage des plants de riz.

5. Pratiquer la plantation des boutures (manioc, patate douce, canne à sucre). Essayer également différentes positions de la bouture dans le sol : horizontale, verticale, oblique, à l'endroit et à l'envers (position géotropique). Observer la vitesse de leur croissance.

V. BIBLIOGRAPHIE

1. A.T.E.O.S. - Mon petit jardin, no 14
   Le Guide de la famille, ATEOS, Paris, 1982.

2. BIT. - Agriculture générale : Multiplication et amélioration des végétaux.
   Cours de BIT/PNUD, Bamako, 1972.

3. Bossard, R, Cuissance, P. - Botanique et techniques agricoles. J.B Baillère, Paris, 1981.

4. Dictionnaire Larousse agricole, Paris, 1981.

5. FAO. - Fruits et légumes en Afrique occidentale
Rome, 1978.

6. Gaudy, M. - Manuel d'Agriculture tropicale
La Maison Rustique, Paris, 1965.

7. Gauthier, J. - Notions d'agriculture
Ed J. Gauthier, périgueux, 1983.

8. Genech de la Louvière, T. - Manuel d'Agriculture
Ed. Le Syndicat Agricole, Lille, 1979.

9. Gondé, R, et Jussiaux, M. - Cours d'agriculture moderne
La Maison Rustique, Paris, 1980.

10. Mémento de l'Agronome. - 1980, Ministère de la Coopération française.

11. Vandenput, R. - Les principales cultures en Afrique
Centrale. Ed Vandenput, Bruxelles, 1981.

UNITE 5

LES TRAVAUX D'ENTRETIEN DES CULTURES

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

A la fin de cette unité, l'élève sera capable :

- de connaître différents travaux d'entretien appliqués aux plantes cultivées ;
- de décrire l'importance du travail du sol ;
- d'expliquer l'intérêt des principaux travaux superficiels du sol et de les exécuter correctements ;
- d'expliquer les raisons de démariage des plants et du remplacement des manquants ;
- de faire les épandages d'engrais et du fumier de ferme ;
- de connaître divers travaux d'entretien dans un jardin maraîcher et un verger, ainsi que leur importance respective.

II. QUESTIONS D'ETUDES

1. Quels sont les travaux d'entretien appliqués à l'ensemble de plantes cultivées ?
2. Quelle est l'importance du travail superficiel du sol ?
3. Quels sont les principaux travaux superficiels appliqués au sol et leurs importances ?
4. Pourquoi faut-il démarier des plants et remplacer des manquants ?
5. Comment effectue-t-on les épandages d'engrais et du fumier de ferme ?

6. Quels sont les travaux d'entretien appliqués aux cultures maraîchères ? aux plantations d'arbres fruitiers ?

7. En quoi consiste le paillage ? Quel est son rôle ?

8. Expliquez ce que sont les plantes de couverture ? Quels sont leurs rôles ?

9. Expliquez ce que sont le tuteurage et le palissage ? Quels sont leurs rôles ?

10. Qu'est-ce que la taille ? Quel est son utilité ?

11. Pourquoi doit-on tailler les arbres fruitiers ?

12. Quand faut-il effectuer la taille chez les arbres fruitiers ? Comment la fait-on ?

III. DISCUSSIONS

1. Quels sont les travaux d'entretien appliqués à un ensemble de plantes cultivées ?

Les travaux d'entretien revêtent en agriculture tropicale une importance particulière. Ils sont multiples et doivent être conduits avec le plus grand soin, particulièrement en culture intensive.

Ils sont de plusieurs catégories :

- Les travaux superficiels : le binage, le sarclage et le buttage.
- Le démariage et le remplacement des manquants.
- L'épandage des fumiers et des engrais.
- Les travaux d'entretien des jardins maraîchers et plantation d'arbres fruitiers (taille, paillage, tuteurage).
- Lutte contre les maladies et les parasites (pour mémoire, voir le cours de Protection des Végétaux).

2. Quelle est l'importance du travail superficiel du sol ?

2.1. Importance du travail du sol :

Le travail du sol a une influence considérable sur l'importance de la récolte : il a pour but de mettre à la disposition du végétal un milieu aussi parfait que possible au triple point de vue physique, chimique et biologique.

Le sol doit être un réservoir pour l'eau : les quantités totales demandées du sol pendant toute la durée du développement des plantes, sont très importantes (Exemple : le maïs prélève 5 000 t d'eau, sorgho 5 500 t d'eau, cotonnier 8 000 t d'eau, riz 12 - 20 000 t d'eau).

2.2. Influence du travail du sol :

Le travail du sol permet d'agir sur :

a. Le ruissellement : une terre ameublie oppose à l'écoulement de l'eau en surface, en raison de sa grande capacité d'absorption de l'eau et de sa surface irrégulière.

b. L'infiltration : une terre ameublie facilite la pénétration de l'eau.

c. L'aération : la circulation de l'air et de la chaleur nécessaires à la vie biologique du sol est favorisée.

d. La pénétration des racines : est favorable dans un sol ameubli.

e. L'évaporation : on peut empêcher l'évaporation de l'eau dans la couche superficielle par remontée capillaire :

+ en brisant les canaux capillaires et en formant une couche protectrice contre l'ascension de l'eau à la surface de sol.

+ en détruisant la végétation spontanée dont le feuillage évoque une quantité importante d'eau.

3. Quels sont les principaux travaux superficiels appliqués au sol et leurs importances ?

3.1. Le binage :

Le **binage** est une façon superficielle qui consiste à remuer la terre sur 5 ou 6 cm de profondeur pour ameublir légèrement la surface du sol, après la levée des plants.

3.1.1. Importance du binage :

- il permet aux plantes de mieux résister à la sécheresse parce qu'en brisant les canaux capillaires, il empêche l'évaporation de l'eau et conserve l'humidité autour des racines ;
- il aère le sol et favorise la nitrification de l'azote ;
- il détruit les mauvaises herbes qui absorbent l'eau et les engrais ;
- il favorise la pénétration de l'eau des pluies dans le sol en brisant la croûte superficielle par tassement de la terre.

3.1.2. Technique :

Le binage est effectué avec la houe ou daba à main, ou la houe attelée. L'essentiel est de briser la croûte du sol aussi profondément que le permet l'importance de l'outil employé (5 à 10 cm de profondeur).

Pour les cultures en lignes, il se fait avec la houe équipée de dents de canadien par exemple.

Le binage ne se fait que par temps calme et en terre ressuyée (24 h après une pluie).

Les binages sont d'autant plus nécessaires que le terrain est plus compact et la sécheresse plus forte.

Ils doivent se faire avant que la terre ne s'encroûte et ne s'enherbe.

3.2. Le sarclage :

Le **sarclage** est une façon superficielle qui consiste à détruire des mauvaises herbes.

3.2.1. Importance du sarclage : Le sarclage a pour but d'enlever les mauvaises herbes qui prennent une partie des éléments nutritifs des plantes cultivées, gênent leur développement et évaporent de grandes quantités d'eau.

Le sarclage est une opération culturale d'entretien d'une importance primordiale.

3.2.2. Technique : Le sarclage se fait à la main avec la dada à une profondeur de 2 à 4 cm en ayant soin de ne pas ébranler les racines des plantes cultivées. Il ne faut pas se contenter de couper l'herbe mais la déraciner totalement. En culture attelée, les rasettes de la houe attelée glissent dans la terre sous les mauvaises herbes, elles les soulèvent et les déracinent.

Il faut donc que le sol ne soit pas trop sec :

- en culture pluviale : on le fait après une pluie (sol ressuyé) ;
- dans la rizière : il y a souvent un peu d'eau au moment du sarclage ;
- dans les jardins potagers : on l'exécute après un arrosage.

3.2.3. **Le désherbage chimique** (voir le cours de Protection des Végétaux) :

Les céréales, surtout le riz irrigué et le maïs, sont des plantes extrêmement sensibles à la concurrence des adventices.

De plus le niveau élevé de la fertilisation rend le salissement très rapidement concurrentiel pour les céréales, ainsi que les cultures de coton et de l'arachide.

En culture intensive, le désherbage chimique devient un des facteurs important de rendements.

Un herbicide (ou désherbant) est une substance ou une préparation chimique permettant de lutter contre les mauvaises herbes. Il contient plusieurs substances ;

+ matière active qui est essentiellement responsable de la destruction de la mauvaise herbe.
+ un diluant en charge : matière neutre destinée à réduire la concentration de la matière active.
+ des adjuvants : pour améliorer l'efficacité de la matière et les propriétés physiques et physico-chimiques de la formulation.

Exemples : * Primagram 500 contient des matières actives suivantes : + 2 - éthyl - 6 - méthyl - N (2 - méthoxy - 1 méthyl - éthyl) -α- chloroacétanilide.

+ atrazine (ou 2 - chloro - 4 - éthyl - amino - 6 - isopropylamino - s - triazine).

* Les herbicides utilisés en zone de l'Opération Haute Vallée.

- Primagram 500 pour le maïs
- Sorghoprim pour le mil et le sorgho
- Cotodon 400 EC pour le cotonnier et l'arachide
- Rilof H500 pour le riz.

3.3. Le buttage :

Le **buttage** est une opération par laquelle on accumule de la terre meuble au pied de la plante.

3.3.1. Importance du buttage :

Le buttage a pour effet :

+ de provoquer la multiplication des racines adventives (maïs, sorgho) ou des organes souterrains (patate, igname) ;
+ de mettre des organes souterrains à l'abri de la lumière (il empêche les pommes de terre de verdir par exemple) ;
+ d'ameublir les sols trop humides et préserver les plantes de maladies (les spores des champignons ne peuvent atteindre les tubercules) ;
+ de faciliter l'arrachage des plants.

3.3.2. Technique :

- Pour butter on creuse entre les lignes et avec cette terre on fait une butte qui recouvre le pied des plantes.
- Le buttage peut être fait avec des outils à main (daba) ou avec la houe équipée de socs butteurs.
- Le travail doit se faire avant que les plantes soient trop développées pour éviter le risque de couper les racines et de nuire aussi à la végétation.
- Exécuter le buttage par temps sec et en terre ressuyée.

4. Pourquoi faut-il démarier des plants et remplacer des manquants ?

4.1. Le démariage :

Le **démariage** est l'opération par laquelle on enlève dans les poquets les pieds en excédent.

4.1.1. Importance : Au moment des semis, on met assez de graines dans le poquet pour être assuré d'avoir au moins une ou deux plantes (surtout lorsque la faculté germinative des graines est faible).

Il ne faut conserver qu'une ou deux plantes (voire trois) par poquet sinon les pieds se gêneront mutuellement et le rendement risque d'être très faible.

4.1.2. Technique :

- On arrache à la main des plants plus faibles et on ne laisse que deux ou trois plants les plus beaux et forts. On rebouche les trous s'il y en a.
- S'il y a des plants malades ou attaqués par les insectes ou les larves, on les arrache et les brûle hors du champ.
- Par la même occasion, on arrache les mauvaises herbes à la main autour du poquet. Généralement les premiers binages-sarclages sont exécutés conjointement avec le démariage.
- Les pieds en excédent sont enlevés avec précaution de façon de ne pas ébranler les plants restants. Le démariage doit se faire quand le sol est encore humide pour éviter de blesser les plants.

4.2. Le remplacement des manquants :

L'opération culturale qui consiste à repiquer des plants dans les emplacements où la levée ne s'est pas faite.

4.2.1. Importance :

En culture traditionnelle, les semences sont souvent de faible faculté germinative, la levée est souvent irrégulière dans le même champ, il est important de garnir par de plants dans les poquets vides. Cette pratique est courante pour les mils et sorghos.

4.2.2. Techique : Le plant est paré ou "habillé", les feuilles étant réduites et le repiquage sera effectué dans une période humide.

5. Comment effectue-t-on l'épandage des engrais minéraux et des fumiers de ferme ?

(Voir le cours de Fertilisation des Sols)

5.1. Engrais minéraux :

Il y a trois manières d'épandre l'engrais :

- **à la volée**
- **en ligne**
- et **en couronne** (ou localisation).

Lorsque les écartements entre les plants sont faibles (par exemple le riz, l'arachide) on peut épandre les engrais à la volée. Tandis que les espacements entre les plants de sorgho, de mil ou de coton sont plus grands, on localise l'engrais.

On épand l'engrais le long de la ligne de semis lorsque les plants sont assez rapprochés sur la ligne. On peut aussi l'épandre en couronne autour du poquet, ainsi les plants profitent mieux sa nourriture et l'engrais n'est pas perdu.

Quand faut-il épandre l'engrais d'entretien ?

On épand généralement au moment du semis parce que la plantule a besoin de nourriture.

Les céréales ont besoin d'azote dès la levée pour développer rapidement leurs tiges et leurs feuilles.

On peut épandre en couronne autour de chaque poquet.

Pour bien localiser l'engrais, il est préférable de l'épandre à la levée ou au moment du démariage (mil, sorgho).

Pour le riz, on épand la moitié de l'engrais au tallage et on met l'autre moitié quand le bas de la tige a commencé à se gonfler.

5.2. Fumier de ferme :

- Le fumier convient à toutes les plantes ; mais quand on n'a pas assez de fumier, il vaut mieux le réserver pour les céréales.

  Un mètre cube de fumier de vache frais pèse environ 400 kg, à demi-décomposé il atteint 800 kg (le fumier de cheval est plus léger). Il faudrait donc épandre 10 tonnes de fumier par hectare.

  Pratiquement on ne pèse pas le fumier : on dépose le fumier sur le champ en tas de 60 cm de haut ; les tas sont distancés de 4 à 5 m (8 à 10 pas) les uns des autres puis on éparpilla le fumier sur tout le champ.

- Dans les sols légers sableux, on peut travailler la terre avant les pluies, on étale donc le fumier au mois de mai et l'enfouir tout de suite après par deux passages croisés avec la houe attelée. Le fumier lourd et froid (fumier de vache) convient au sol léger.

- Dans les sols lourds argileux, on peut étaler le fumier après les premières pluies et on l'enfouit en terre humide.

Le fumier léger et chaud (cheval) convient au sol lourd. On l'enfouit à la charrue en sol profond.

5.3. En culture maraîchère :

5.3.1. Engrais minéraux :

En culture maraîchère, on considère généralement que les légumes feuilles (choux, poireaux.) sont les plus exigeants en azote, et les légumes-racines gros consommateurs de potassium.

Voici quelques formules d'engrais complets pour les plantes légumes :

- 16-8-8 pour les légumes-feuilles
- 12-12-12 pour les légumes-fruits
- 4-12-20 pour les légumes-racines.

Quand on utilise des engrais complets en poudre, il faut prévoir de 30 à 60 g par mètre carré (une cuillère à soupe rase contient une trentaine de grammes).

- On épand la poudre sur le sol biné et ratissé en vue du repiquage ou de semis, en l'étalant bien régulièrement sur toute la surface et en émiettant les agglomérés d'engrais.
- Après l'épandage, on ratisse légèrement pour mélanger l'engrais à la couche superficielle du sol et empêcher leur entrainement par l'eau de l'arrosage ou la pluie.
- On peut aussi épandre l'engrais en poudre autour du pied de la plante en voie de croissance en évitant de toucher les feuilles car l'engrais les brûlerait. Il ne faut pas non plus traiter les très jeunes plants ni les plants récemment repiqués.

- Il importe d'arroser les plants après l'application des engrais. L'un des principes de fertilisation à observer consiste à épandre l'engrais par petites doses et à intervalles réguliers (une quizaine de grammes/plant adulte tous les 10 à 15 jours).

5.3.2. Compost :

Utilisé en complément des engrais, le compost aura un effet extrêmement bénéfique sur les sols peu fertiles.

Incorporation du compost au sol (planche) consiste à étaler à la surface du sol pour l'enfouir ensuite à la bêche ou à la houe.

Pour la plupart des cultures de légumes, on l'appliquera à raison d'une cuvette de compost (une dizaine de kg) par mètre carré.

5.4. En arboriculture fruitière :

L'épandage d'engrais se fera sous forme d'un mélange en poudre des trois constituants principaux (N, P, K) dans les proportions variables selon l'espèce et le sol. La quantité d'engrais varie aussi avec l'âge de l'arbre. La règle générale est d'épandre de petite dose mais fréquent (3 à 4 épandages/an avant ou pendant la saison des pluies). Exemple : pour le manguier, en période de production, on utilise l'équilibre 1-1-2 soit 500 g/arbre/année d'âge de la formule 10-10-20.

On évitera d'épandre de l'engrais au cours de la saison sèche, car les racines risquent d'être endommagées par les sels chimiques dans un sol sec (sauf le cas où l'on dispose d'un système d'irrigation).

On épandra l'engrais régulièrement autour de la base du tronc et on ratissera légèrement pour le mélanger à la terre de la surface.

6. Quels sont les travaux d'entretien appliqués aux cultures maraîchères et plantations d'arbres fruitiers ?

On distingue les principales techniques culturales suivantes :

- Le paillage (cultures maraîchères et arboriculture fruitière).
- Les plantes de couverture (arboriculture fruitière)
- Le tuteurage et le palissage (culture maraîchère)
- La taille (culture maraîchère et arboriculture fruitière).

7. En quoi consiste le paillage ? Quel est son rôle ?

Le paillage (ou mulch) consiste à entourer le pied de la plante de matière organique morte ou en décomposition (paille, herbe sèche etc.).

* **En culture industrielle,** les films de plastique opaque (polyéthylène) servent utilement au paillage des fraisiers, des ananas par exemple.

Rôle du paillage :

- facilite la conservation de l'humidité du sol (limite l'évaporation) il réduit donc l'arrosage en saison sèche ;
- préserve la fertilité du sol par la décomposition en humus ;
- défavorise la croissance de mauvaises herbes ;
- garde au frais le sol et les racines de la plante par temps chaud ;
- amortit le choc des fortes pluies et évite aux jeunes plants d'être endommagés par des éclaboussures de terre sur les feuilles.

* **En arboriculture fruitière :**

Mêmes principes que pour les cultures maraîchères. Les paillis sont étendus au début de la saison sèche et renouvelés si celà est nécessaire.

Quand on remplace un paillis, on enfouit superficiellement le précédent en griffant légèrement le sol autour de l'arbre. On peut combiner cette opération avec un épandage d'engrais.

La superficie couverte par le paillis variera avec l'âge de l'arbre mais doit avoir pour un agrume de taille normale un diamètre d'au moins 1,80 m. Le paillis ne doit pas recouvrir l'espace qui entoure immédiatement le tronc, car le paillis peut abriter des insectes sous terrains (termites) et des fourmis susceptibles d'endommager la jeune tige.

8. Expliquez ce que sont les plantes de couverture ? Quels sont leurs rôles ?

Dans les vergers nouvellement plantés, entre les lignes de jeunes arbres, on peut cultiver des légumes ou les plantes telles que le manioc, patate douce, ou semer les plantes de couverture notamment des légumineuses rampantes (Centrosema, Pueraria, Calopogonium, Stylosanthes).

Les plantes de couverture jouent le rôle de mulch (paillage) ; outre leur action dans l'amélioration du stock d'humus, la protection contre la chaleur et la conservation de l'humidité, elles améliorent aussi de la structure du sol en facilitant la formation des particules de terre.

Sur les terrains en pente, les plantes de couverture constituent, durant les pluies, un moyen utile de conservation du sol et de lutte contre l'érosion.

9. Expliquez ce que sont le tuteurage et le palissage ? Quels sont leurs rôles ?

9.1. Tuteurage :

Le **tuteurage** des plants est indispensable pour les espèces volubiles (tiges molles et flexibles) ; il est fort utile pour tous les végétaux de plein air que le vent risque de courber ou de déchausser.

Aux tiges grimpantes des plantes potagères, on offre simplement le support de quelconques branchages secs, ramifiés (tomates) ou de longues rames de 2 à 3 m de hauteur (haricots grimpants, concombres) qui sont piqués en terre.

Poses de rames : quand les plants ont 30 à 35 cm de haut on plante une rame à côté de chacun d'eux ; les rames sont attachées deux par deux à leur sommet au moyen d'une barre transversale. (Si l'on renonce à tuteurer il faudra protéger les fruits en insérant entre eux et la terre une poignée d'herbe sèche - cas de concombres et de meulons).

Les tuteurs de grande taille (2 à 3 m) sont courants en pépinière pour maintenir bien droits des arbres fruitiers et d'ornement (perches de bambou, teck, neem, ou gmelina etc.).

9.2. Palissage :

Pour la culture intensive de certaines plantes volubiles fruitières (la grenadille par exemple) on attache des branches au treillis ou des fils de fer tendus sur de solides poteaux.

10. Qu'est-ce que la taille ? Quel est son rôle ?

La taille est-elle indispensable aux plantes annuelles ou aux arbres fruitiers ?

* **En arboriculture fruitière,** si l'arbre est livré à lui-même, il donne des fleurs en nombre variable, des récoltes irrégulières et des fruits trop petits. La taille permet aussi d'agir utilement sur la forme et de régulariser la floraison des arbustes.

* **En floriculture,** il s'agit le plus souvent de provoquer et d'ordonner la ramification des espèces ligneuses (Hibiscus). La taille permet également d'éviter que les plantes n'atteignent de trop grandes dimensions qui rendraient très difficile la récolte des fruits ou les tiges fleuries (rosier).

* **En cultures maraîchères,** la taille est pratiquée sur des organes herbacés, c'est en réalité un pincement qui limite une végétation herbacée exubérante et hâte la floraison et la fructification de la plante (par exemple tomate et melon).

Différentes sortes de taille :

- **La taille en sec :** effectuée pendant le repos de la végétation sur les végétaux à feuilles caduques comme la taille de fructification des arbres fruitiers à pépins ou à noyau et de certains arbustes d'ornement (ex : Hibiscus).
- **La taille en vert** et **le pincement** effectués pendant la végétation active, sur les jeunes rameaux et les pousses (rosiers, tomates).

10.1. Quelques modes de taille en sec :

- **Le recépage :** au cours duquel on coupe la tige près du sol, cette opération est destinée à la restauration de la charpente défectueuse d'un sujet encore jeune et capable d'en constituer une nouvelle (Ex : recépage des pieds-mères de manguiers destinés au marcottage en butte).
- **Le ravalement :** qui consiste à rabattre une partie de la charpente d'un arbre en vue de son remplacement avec ou sans surgreffage.
- **L'élagage :** on élimine définitivement les tiges inutiles et on raccourcit les branches ayant pris un développement excessif (Ex : arbres dans les allées des villes, haies de verdure).

- **Le rapprochement** : qui s'applique à des ramifications secondaires pour les rajeunir (cas des arbres fruitiers lorsqu'ils deviennent incapables de porter de beaux fruits).

10.2. **Quelques modes de taille en vert :**

- **La taille en vert proprement dite** : qui a pour effet de compléter la taille en sec chez les arbres fruitiers (les couronnes ou ramifications secondaires doivent être raccourcies après la chute des jeunes fruits qu'elles portaient).

- **Le pincement** : qui consiste à supprimer l'extrémité des pousses encore tendres pour les empêcher de s'allonger, pour détourner la sève au profit d'autres pousses plus faibles et souvent pour provoquer leur ramification au-dessus de la partie de tige supprimée (Exemple : melon).

- **L'ébourgeonnage** : qui a pour objet d'éliminer les jeunes pousses en excès (arbres fruitiers ou d'ornements). Il s'agit de conserver un nombre limité de rameaux qui devront constituer les branches de charpente ou les couronnes des arbres.

  Il est également appliqué sur les tomates et les aubergines pour favoriser la formation des fruits.

- **L'émondage** : effectué sur les rideaux d'arbres et sur les haies en cours de végétation, intéresse de petites branches ou des rameaux ; il permet de garder à certains végétaux d'ornement une silhouette géométrique bien régulière.

11. Pourquoi doit-on tailler les arbres fruitiers ?

En arboriculture fruitière il existe trois sortes de taille.

11.1. Taille de formation : elle a pour but de donner à l'arbre une forme définie, d'obtenir une charpente solide, bien aérée, dans laquelle la végétation est répartie aussi régulièrement que possible (manguier, agrumes).

On se contente de la forme **en gobelet** avec trois à cinq branches principales.

* **Technique :** le jeune arbre est étêté à un mètre du sol environ. Les yeux de la tige donnent des rameaux dont on ne conserve que 3, 4 ou 5 répartis du mieux possible autour du tronc. Les rameaux sont taillés l'année suivante et ne laisser que 2 ou 3 rameaux secondaires à chacun.

11.2. Taille d'entretien :

L'entretien de l'arbre consiste à supprimer le bois mort qui peut permettre la pénétration des maladies ou des insectes. On supprime aussi les **gourmands** (rameaux verticaux partant de la base du tronc ou des grosses branches) car, ils absorbent beaucoup de sève et ne portent pas de fruits.

Il faut supprimer également les parasites végétaux (Loranthus, Ficus) qui fixent sur les troncs ou branches par une énorme racine suçoir qui pénètre dans les tissus de l'arbre.

11.3. Taille de fructification : elle consiste simplement à effectuer des opérations d'éclaircie c'est-à-dire l'enlèvement des branches fruitières ayant perdu de leur vitalité (vieux arbres) ou en surnombre (arbres jeunes).

* **Technique** : les principales espèces taillées en Afrique (manguier, agrumes) sont en forme de **boule creuse**. Couper les petits rameaux intérieurs de façon à évider l'arbre, sans toucher aux branches de la périphérie qui sont fructifères. Les coupes sont coupés à la scie égoïne. On enduit les grosses plaies avec du goudron qui empêche la pénétration des maladies et insectes.

12. Quand faut-il effectuer la taille des arbres fruitiers ? Comment la fait-on ?

12.1. Principes de la taille :

Les arbres fruitiers arrivés à leur stade de développement adulte ont rarement besoin d'être taillés, mais les opérations suivantes pourront s'imposer de temps à autre :

- Elaguer des branches malades ou cassées.
- Eclaircir les branches centrales lorsque le centre de l'arbre est si touffu qu'il empêche la circulation de l'air et de la lumière.
- Elaguer les branches les plus longues si l'arbre pousse trop en hauteur et rend la récolte difficile (Ex : les limes et citrons).
- Rabattre les gourmands non productifs.
- La taille de formation est recommandée pour les jeunes arbres, tels que manguiers, agrumes, anacardiers et goyaviers, qui viennent d'être transplantés depuis la pépinière (tailler les rameaux à croissance irrégulière ou excessive, branches orientées vers le bas et trop proches du sol).

- Rabattre les tiges et drageons issus directement du tronc du porte-greffe avant qu'il eu le temps de se développer et de réduire la vigueur de la variété greffée (cas de l'orange amère).

12.2. Epoque de la taille :

- L'époque la plus favorable pour la taille des arbres fruitiers arrivés à maturité est situé entre la récolte et le début de la floraison sinon on risque d'aboutir à une réduction appréciable de la production de l'année suivante.

12.3. Coupes de taille et soins :

Pour réduire les risques d'infection par les blessures provoquées par la taille, le tissu exposé sera toujours rafraîchi à l'aide d'un couteau bien affûté de façon à produire une surface de coupe bien lisse. Cette surface est ensuite mastiquée au goudron végétal (ou de l'argile) de façon que la blessure ne soit accessible ni aux spores de cryptogames, ni à l'eau.

Les grandes coupes seront toujours faites en orientant la scie égoïne ou le couteau vers le bas, de façon qu'elles ne puissent pas collecter de l'eau qui favoriserait la pourriture ou maladie.

Si la branche a plus de 2 cm de diamètre, une première coupe se fait à sa face inférieure de façon que lors de la coupe définitive on ne risque pas de la briser ni l'arracher au bas de la coupe (on ne taille pas à la machette pour éviter de fendre l'écorce sur la partie de la branche qui reste attachée à l'arbre.

En résumé, les opérations et façons culturales courantes qu'exige le verger peuvent se résumer ainsi :

1. Pulvérisation régulière contre les insectes et les maladies.

2. Elagages et éclaircissements courants, notamment l'élimination des drageons du porte-greffe.

3. Paillage et renouvellement du paillis.

4. Semis et maintien d'une culture de couverture entre les arbres.

5. Irrigation des jeunes arbres durant la saison sèche.

6. Epandage d'engrais durant la saison des pluies.

7. Soutien des branches trop chargées pendant la période de fructification au moyen d'un bois fourchu.

IV. ACTIVITES PEDAGOGIQUES SUGGEREES

1. Effectuer les travaux de binage, de sarclage et de buttage des plantes cultivées à l'école. Comparer si possible ces travaux effectués manuellement et mécaniquement (culture attelée) : finition, profondeur, durée de travaux etc.

   - Comparer l'état du sol et de la plante dans une parcelle bien travaillée et bien entretenue par rapport à celle non travaillée et peu ou pas entretenue.

   - Faire un petit profil de sol au pied de quelques plantes (30 cm de profodneur) et observer leur profil racinaire (propagation et densité des racines en fonction de la profndeur). A faire après la récolte par exemple.

   - Etudier les plantes à racines fasciculées (céréales) et les plantes à racines pivotantes (cotonnier).

2. Effectuer les opérations de démariage et de remplacement des manquants. Observer ultérieurement l'état végétatif des plants repiqués par rapport à ceux semés normalement.

3. Effectuer les épandages d'engrais selon les méthodes préconisées pour la région.

4. Faire les épandages du fumier de ferme et leur enfouissement. Comparer la croissance des plantes dans les parcelles ayant reçu des engrais et/ou de fumier de ferme et celles n'ayant reçu ni d'engrais ni de fumier (culture traditionnelle).

5. Comparer le degré de l'humidité du sol sous paillage ou sous plantes de couverture par rapport au sol nu. Faire le paillage sur quelques planches de culture maraîchère par exemple.

6. Etudier l'effet des engrais et du fumier de ferme en vase de végétation :

   + Prendre 4 petits pots en terre cuite contenant chacun 1 kg de terre vierge non humifère (à prélever sous forêt par ex.) :

     1er pot : terre vierge (témoin)
     2ème pot : terre vierge + 1 cuillère de café (1c.c) de fumier de ferme bien décomposé.
     3ème pot : terre vierge + 1 c.c d'engrais coton (NPKSB).
     4ème pot : terre vierge + 1 c.c fumier + 1 c.c NPKSB.

   + Semer 10 graines de sorgho ou maïs par pot, bien arroser les pots (tous les jours pendant une semaine, puis espacer l'arrosage tous les 2 ou 3 jours.

   + Mesurer la hauteur des plants un mois plus tard et récolter les plants (pot par pot) et les sécher puis peser. Comparer les résultats (hauteur, poids des plants séchés).

7. Essai de pincement ou ébourgeonnage des plants de tomates (c'est-à-dire enlever régulièrement les jeunes rameaux et pousses axillaires). Comparer une planche "taillée" et une planche témoin (non taillée). Observer la formation et le développement de fruits (nombre et grosseur de fruits). Choisir une variété de tomate à croissance déterminée (Heinz 1370, Roma) et une autre à croissance non déterminée (St Pierre, Grosse Lisse).

8. Assister aux travaux d'entretien des vergers (taille d'entretien, enlèvement des gourmands).

8. BIBLIOGRAPHIE

1. BIT. - Agriculture générale : Multiplication et amélioration des végétaux. Cours de BIT/PNUD, Bamako, 1972.

2. Bossard, R, Cuisance, P. - Botanique et techniques agricoles. J.B. Baillère, Paris, 1981.

3. Dictionnaire Larousse agricole, Paris, 1981.

4. FAO. - Fruits et légumes en Afrique occidentale. Rome, 1978.

5. Gaudy, M. - Manuel d'Agriculture tropicale. La Maison Rustique, Paris, 1965.

6. Gauthier, J. - Notions d'agriculture. Ed J. Gauthier, Pèrigueux, 1983.

7. Genech de la Louvière, T. - Manuel d'Agriculture. Ed. Le Syndicat Agricole, Lille, 1979.

8. Mémento de l'Agronome. - 1980, Ministère de la Coopération française.

9. Pringent, P. - Les engrais, No 41. A.T.E.O.S., Paris, 1972.

10. Pringent, P. - La culture attelée, No 79. A.T.E.O.S., Paris, 1977.

UNITE 6

QUELQUES NOTIONS FONDAMENTALES DE LA GENETIQUE

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

A la fin de cette unité, l'élève sera capable :

- de définir les principaux termes de la génétique : hérédité, génétique, race, variété, souche, lignée pure, clone, génotype, phénotype, gène, chromosome ;
- d'expliquer le phénomène de la transmission des caractères héréditaires ;
- de citer et expliquer les lois fondamentales de Mendel et leurs applications pratiques en matière de sélection végétale ;
- de décrire le phénomène de l'hétérosis et de l'hybridation ;
- de connaître les divers modes de mutations génétiques et leurs applications en sélection végétale.

II. QUESTIONS D'ETUDES

1. Que veut dire l'hérédité ?
2. Qu'est-ce que la génétique ?
3. Pourquoi doit-on classifier le monde vivant en différents groupes d'individus ? Quels sont les termes de cette classification ?
4. Par quel moyen les caractères héréditaires sont-ils transmis au niveau cellulaire ? Comment cette transmission se produit-elle ?
5. Que sont les gènes ? Quel est leur rôle dans la transmission des caractères héréditaires ?

6. Quelles sont les premières expériences permettant d'établir les principes généraux de la transmission de caractères héréditaires ?

7. Quelles sont les lois de Mendel ?

8. Les lois de Mendel ne sont pas universelles, il existe des exceptions apparentes à celles-ci, quelles sont ces cas particuliers et leur importance dans la transmission héréditaire ?

9. Quelles sont les causes de la variation de certains caractères parmi des individus d'une espèce donnée ?

10. Qu'est-ce que le génotype ? le phénotype ?

11. Quels sont les intérêts pratiques des lois de Mendel et de la théorie chromosomique de l'hérédité.

III. DISCUSSIONS

1. Que veut-dire l'hérédité ?

L'**hérédité** est la transmission de certains caractères des êtres vivants à leur descendance.

Exemples :

+ Les enfants ressemblent à leurs parents lesquels ne se ressemblent pas entre eux.

+ Certaines particularités peuvent se transmettre à travers une suite de générations (exemple : forme du nez).

+ Des maladies (daltonisme, hémophilie) frappent avec une certaine régularité les diverses générations d'une famille.

La ressemblance entre parents et descendants s'observe au même titre dans le règne animal et dans le règne végétal. L'homme a tiré parti de l'hérédité en choisissant les reproducteurs : pour cela il conserve des individus ayant des particularités propres ou il obtient des types nouveaux en croisant des individus de races différentes.

Les caractères transmis par hérédité assurent la permanence des caractéristiques d'une espèce et sont véhiculés par les gènes eux mêmes portés par les chromosomes, situés dans le noyau des cellules.

Cette propriété que tous les êtres vivants, animaux ou végétaux ont de transmettre à leurs descendants une collection de caractères leur appartenant en propre, est connue depuis fort longtemps.

C'est seulement depuis le début du 20ème siècle que les études précises basées sur des expériences scientifiques ont permis d'expliquer le phénomène, qui fait l'objet d'une science expérimentale la génétique.

2. Qu'est-ce que la génétique ?

La **génétique** est la science qui étudie les lois de l'hérédité. Elle étudie la structure et l'arrangement des gènes le long des chromosomes ainsi que la distribution (ségrégation) de ces gènes dans les gamètes au cours de la méiose (voir le cours de Botanique).

La génétique peut se subdiviser en plusieurs disciplines :

2.1. **La génétique formelle (ou mendélienne)** étudie par l'observation des descendants, les mécanismes de transmission des caractères phénotypiques au cours des processus de la reproduction sexuée. Cette transmission obéit à des lois fondamentales (ou "lois de Mendel") qui sont en faite les conséquences de la méiose. Ces lois sont utilisées par les sélectionneurs pour l'obtention de nouvelles variétés, aussi bien animales que végétales, présentant des améliorations du rendement, de la productivité, de la qualité et de la résistance à certaines maladies etc.

2.2. **La génétique physiologique et moléculaire :** étudie l'activité des gènes au sein de la cellule des constituants des chromosomes, en particulier des macromolécules d'ADN, support de l'hérédité.

2.3. **La génétique des populations :** est l'étude mathématique des conséquences des lois de la génétique formelle dans une population donnée (groupe d'individus d'une même espèce).

On détermine ainsi des lois relatives à la transmission héréditaire des caractères et les changements évolutifs dus aux mutations ou à la sélection.

3. Pourquoi doit-on classifier le monde vivant en différents groupes d'individus ? Quels sont les divers termes de cette classification ?

3.1. Notions de l'espèce :

Le monde vivant comprend une multitude d'individus différents, mais certains se ressemblent. Il a paru alors nécessaire de les classer (la systématique s'occupe des classifications).

L'unité systématique est l'**espèce** : c'est-à-dire toute une catégorie d'individus qui ont de très fortes ressemblances anatomiques ou physiologiques et sont susceptibles de se reproduire entre eux en conservant leurs caractéristiques spécifiques.

Exemples : espèce bovine, espèce ovine, espèce de riz, espèce de l'arachide.

- Le croisement de sujets appartenant à des espèces différentes est le plus souvent impossible à réaliser ou bien les produits obtenus ne peuvent se produire.
- Les espèces sont ainsi groupés de la manière suivante :

  Règne, embranchement, classes, ordres, familles, genres, espèces. Les espèces sont subdivisées en races, variétés, individus.

1° Exemple : la variété de riz pluvial "Durado précoce"

Règne : végétale - embranchement : phanérogames - sous embranchement : Angiospermes - classe : monocotylédones - famille : graminées - genre : oryza - espèce : sativa - variété ou cultivar (par abréviation CV) : "Dourado précoce".

2° Exemple : la variété de coton BJA.592

Classe : dicotylédones - famille : malvacées - sous tribu : hibiscées - genre : gossypium - espèce : hirsutum - variété : BJA.592.

3.2. Divers termes de classification génétique :

- **Race** et **variété** : groupe d'individus de même espèce présentant un certain nombre

  * de caractères **morphologiques** :

    exemples : + format, couleur de la robe, cornage etc. (animaux) ;
    + taille, port, coloration de certains organes (végétaux).

* de caractères **physiologiques :**

exemples : + intensité de la lactation, vitesse de croissance etc. (animaux) ;
+ précocité, résistance à la sécheresse etc. (végétaux).

Ces caractères sont identiques et relativement stables au cours des générations successives.

Notons que la notion de race appliquée pour le règne animal correspond celle de variété pour le règne végétale (on dit aussi "cultivar" pour les variétés cultivées).

Exemples : race bovine N'dama, variété de tomate Roma.

Les sujets de races différentes mais appartenant à une même espèce peuvent toujours être croisés entre eux, ils sont interféconds.

- **Variété** ou **cultivar :** est un ensemble de plants cultivés qui se distinguent nettement par leurs caractéristiques (morphologiques, physiologiques, cytologiques, chimiques etc.) et qui après multiplication (sexuée ou asexuée), conservent leurs caractères distinctifs :

La valeur agronomique d'une variété dépend de principaux caractéristiques suivants :

. forte capacité de rendement ;
. forte réaction aux méthodes de cultures améliorées (emploi des engrais par exemple) ;
. haute qualité des produits obtenus ;
. résistance aux maladies et aux insectes ;
. résistance aux facteurs écologiques défavorables (froid, sécheresse, verse, salinité etc.) ;
. aptitude à la mécanisation de la culture et de la récolte.

- **Souche** : groupe d'animaux de même race, relativement homogène, sélectionné pour sa bonne productivité et transmettant assez bien ses qualités.
- **Lignée pure** (ou lignée pédigrée) ensemble de plantes descendant d'un même végétal et dont les générations successives sont parfaitement identiques, sans aucune variabilité. Elle est obtenue par semis d'une graine provenant de l'autofécondation d'une fleur. Dans une lignée pure, tous les individus sont homozygotes et ont le même génotype.
- **Clone** : un clone est formé de plantes absolument semblables, issues à l'origine d'un même végétal, mais la multiplication s'est faite par voie végétative (bouturage, greffage etc.).

  Les variétés de pommes de terre, d'arbres fruitiers etc. sont des clones. Le semis de graines ferait apparaître un certain nombre de caractères différents.
  Exemple : semis de noyaux de mangue chez les variétés monoembryonées pour la production des porte-greffe destinés au greffage et pour produire des jeunes plants vigoureux.

4. Par quel moyen les caractères héréditaires sont-ils transmis au niveau cellulaire ? Comment cette transmission se produit-elle ?

(Voir le cours de Botanique - Tome 1)

4.1. La cellule (rappel)

Les tissus végétaux et animaux sont composés de cellules (éléments de très petites dimensions 0,20 mm à 0,05 mm).

On distingue trois parties dans la cellule végétale :

+ La **membrane squelettique** : de nature cellulosique sert d'enveloppe extérieure.

+ Le **cytoplasme** : limité par une très fine membrane cytoplasmique et comprend de diverses inclusions baignant dans le hyaloplasme : ribosomes, réticulum endoplasmique, mitochondries, plastes, vacuoles etc.

+ Le **noyau** : est une vésicule incluse dans le cytoplasme et limitée par la membrane nucléaire. Dans le nucléoplasme se trouvent des éléments suivants :

    * Des filaments de **chromatine** où s'effectue la synthèse de l'**acide désoxyribonucléique (AND)** qui joue un rôle essentiel dans la transmission des caractères héréditaires. Lorsque la cellule se divise, la chromatine évolue pour donner des **chromosomes.**

    * Des corpuscules appelés nucléoles, dans lesquels domine l'**acide ribonucléique (ARN).**

4.2. Les chromosomes :

Au cours de la division cellulaire les filaments de chromatine du noyau, constitué par l'association d'ADN, de protéine et d'ARN se condensent et forment les chromosomes.

Les **chromosomes** sont des filaments de très petites dimensions (200 à 250 Å) et de formes variées, ressemblant au V plus ou moins ouvert et au bâtonnet etc. Mais dans les cellules on constate toujours la présence de deux chromosomes de chaque forme : n paires de chromosomes. Ce nombre est constant et il est caractéristique de l'espèce, on le désigne par 2n (n étant le nombre de chromosomes d'une cellule sexuelle).

Exemples : - Homme 2n = 46 ; - boeuf 2n = 60 ; mouton 2n = 54 ; lapin 2n = 44 ; - cotonnier 2n = 52 ; arachide 2n = 40 ; blé 2n = 42 ; maïs 2n = 20 ; riz 2n = 24.

Ainsi, le noyau d'une cellule reproductrice humaine, il y a 23 chromosomes. Ceux-ci constituent la garniture chromosomique et représente le **génome** (ou ensemble de gènes d'une cellule) de l'espèce humaine. Une telle cellule est dite **haploïde,** si elle contient n chromosomes. Les cellules somatiques humaines contiennent 46 chromosomes ; 23 chromosomes d'origine paternelle et 23 chromosomes d'origine maternelle, regroupés par paire (1 chromosome d'origine partenelle et 1 chromosome, de même forme et de même taille d'origine maternelle). On dit de ces chromosomes, associés dans une paire, qu'ils sont **homologues.** Une cellule renfermant 2n chromosomes, dite **diploïde,** contient n paires de chromosomes homologues.

4.3. Multiplication des cellules somatiques :

La mitose : Les cellules animales et végétales se multiplient par cloisonnements successifs. La division cellulaire est appelée mitose (ou division équatorielle).

Différents stades de multiplication d'une cellule (mitose).

Exemple : une cellule qui aurait 3 paires de chromosomes.

- **La prophase :** les chromatines se fissurent longitudinalement en 2 chromatides, qui se raccourcissent pour former les chromosomes qui se distinguent nettement.
- **La métaphase :** la membrane nucléaire a disparu, les chromosomes se réunissent en une "plaque équatoriale" et chacun d'eux se divise dans le sens longitudinale en deux parties rigoureusement identiques.

- **L'anaphase :** il se forme alors deux lots de chromosomes semblables qui s'éloignent l'un de l'autre vers les pôles opposés.
- **La télophase :** peu à peu, deux noyaux se constituent : les chromosomes se tassent et s'enchevêtrent en un réseau chromatique tandis que la membrane nucléaire se reforme.
- **Cytogenèse :** la cellule initiale s'est allongée, une membrane est apparue dans la région médiane, établissant une séparation entre les deux cellules-filles qui grossiront et pourront se reproduire à leur tour.

  Notons également que tous les éléments qui constituaient la cellule initiale se trouveront dans les deux cellules-filles, y compris les gènes portés par les chromosomes.

4.4. Les cellules sexuelles :

La graine, qui donnera naissance à un végétal, provient de la fécondation de l'**oosphère** et du noyau secondaire contenus dans le sac embryonnaire, par les **anthérozoïdes** formés dans le tube pollinique.

Tandis que les animaux évolués sont issus du développement d'un oeuf dû à l'union d'un ovule (femelle) et d'un spermatozoïde (mâle). Anthérozoïde et oosphère dans le règne végétal, ovule et spermatozoïde dans le règne animal, sont des cellules sexuelles ou **gamètes.**

En général, on parle de gamètes mâles (le sexe mâle représenté par le signe ♂ ou gamète ♂) et de gamètes femelles (le sexe femelle par ♀ ou gamète ♀).

4.5. La méiose :

Le partage des chromosomes ou réduction chromatique s'appelle la méiose, qui se fait dans l'ovule et l'anthère pour les végétaux, dans les ovaires et les testicules pour les animaux.

La méiose est décomposée en plusieurs stades :

Soit une cellule-mère des futurs gamètes dont le noyau contient 2n chromosomes (n = 3 dans l'exemple simplifié).

- **Prophase** : les chromosomes homologues (même forme, même longueur) se rapprochent, s'associent par deux, s'entrelacent et la membrane nucléaire disparaît.
- **Métaphase** : les couples de chromosomes se disposent en une plaque équatoriale.
- **L'anaphase** : les couples se disjoignent et les chromosomes se groupent (au hasard) en deux lots semblables mais non identiques qui s'écartent l'un de l'autre vers les 2 pôles opposés.
- **Télophase** : une membrane nucléaire entoure chaque groupe, le cytoplasme se divise à son tour par une membrane passant entre les 2 noyaux. On a deux cellules sexuelles ayant n chromosomes chacune. Il est à remarquer que celles-ci ne sont pas absolument pareilles : les chromosomes qui les constituent pouvant provenir indifféremment des chromosomes d'origine paternelle ou maternelle que porte le géniteur.

4.6. La fécondation :

La **fécondation** est caractérisée par l'union d'un gamète mâle à n chromosomes avec un gamète femelle ayant le même nombre n de chromosomes (provenant d'un animal ou végétal de la même espèce). La nouvelle cellule qui en résulte, appelée "oeuf", possède donc 2 n chromosomes.

Par des multiplications et différenciations, elle donnera naissance à un individu dont les cellules contiendront toujours 2n chromosomes.

Généralement, la fécondation s'effectue dans l'individu femelle (oosphère ou ovule) qui reçoit les gamètes mâles.

4.6.1. Méiose et fécondation en général :

Un gamète mâle à n chromosomes va rencontrer un gamète femelle à n chromosomes et s'unir à lui, ce qui forme une nouvelle cellule, l'oeuf, à 2 n chromosomes. Par de nombreuses mitoses, l'oeuf deviendra un individu dont les cellules contiendront 2n chromosomes.

L'union des 2 gamètes est la fécondation. Elle rassemble 2 cellules à n chromosomes pour en créer à 2n chromosomes.

Le résultat de la fécondation (oeuf ou zygote à 2n chromosomes, issus de la fusion de 2 gamètes à 2n chromosomes) est donc l'inverse de celui de la réduction chromatique (1 cellule à 2 n chromosomes donne des cellules à n chromosomes).

A chaque génération d'individus sexués, une réduction chromatique précède une fécondation.

4.6.2. Fécondation des plantes à fleurs :

Le premier **anthérozoïde** pénètre dans l'oosphère, s'accole au noyau, perd sa forme spiralée et grossit.

L'**oosphère**, s'entoure d'une membrane cellulosique. Plus tard, son noyau se fusionne avec l'anthérozoïde auquel il est accolé. De cette fusion ou fécondation, résulte un **oeuf principal** (ou oeuf plantule) à 2n chromosomes.

En résumé :

Oosphère	**+ anthérozoïde**	**= oeuf principal**
à n chromosomes	**à n chromosomes**	**à 2 n chromosomes**

L'autre anthérozoïde se dirige vers le noyau secondaire, pénètre dans son cytoplasme et s'accole à son noyau. Un peu plus tard, noyau secondaire et anthérozoïde fusionnent en formant un **oeuf accessoire** (ou oeuf albumen) à 3 n chromosomes.

Cette seconde fécondation peut s'écrire :

Noyau secondaire	+ anthérozoïde	= oeuf accessoire
à 2 n chromosomes	à n chromosomes	à 3 n chromosomes

La double fécondation qui vient d'être décrite est caractéristique des angiospermes. Elle forme un oeuf principal et un oeuf accessoire.

Après la double fécondation, les autres cellules du sac embryonnaire, antipodes et synergides, dégénèrent.

Les téguments de l'ovule, ainsi que l'oeuf principal et l'oeuf accessoire, évoluent pour devenir une graine.

La formation de cette graine déclenche, à son tour, la transformation de la paroi de l'ovaire en fruit.

5. Que sont les gènes ? Quel est leur rôle dans la transmission des caractères héréditaires ?

Les gènes sont des molécules ou des régions de molécules d'**acide désoxyribonucléique (ADN)**. L'ADN est uniquement constitué d'acide phosphorique, d'un sucre (le désoxyribose) et de bases azotées (le cytosine, la thymine, l'adénine et la guanine).

Un acide phosphorique + un sucre + une base azotée constituent un **nucléotide**. Il existe un enchainement linéaire de ces différents nucléotides.

Base-sucre } acide phosphorique (1ère nucléotide)
Base-sucre } acide phosphorique (2ème nucléotide)
etc.

Les chaines sont couplées, associées par l'intermédiaire de bases reliées entre elles par des "ponts hydrogènes". On a donc l'apparence d'un escalier, en hélice à double rampe aux barreaux régulièrement espacés formés par deux bases.

L'information génétique est détenue et transmise par l'ADN des chromosomes, et plus précisément par des séquences bien définies de cet ADN, appelées **gènes** situées à des emplacement également bien définis, les **locus,** le long des chromosomes.

Chaque locus est responsable de la transmission d'un caractère héréditaire.

En outre la structure de l'ADN a aussi le pouvoir d'autoproduction en donnant deux structures filles identiques.

Applications chez les animaux et les plantes

Rappelons que les chromosomes sont les supports de l'hérédité. Chacun d'eux porte une série de gènes, portions de molécules d'ADN localisées de façon linéaire à des emplacements déterminés dans lesquelles sont fixés les éléments qui commandent l'apparition des caractères spécifiques de chaque individu.

Exemples : - résistance à la sécheresse d'un sorgho
- teneur en sucre d'une canne à sucre
- couleur de la robe d'un bovin etc.

Autre exemple : la coloration des glumelles de la caryopse du riz est dépendante de plusieurs gènes :

- 4 gènes contrôlant des couleurs jaune d'or, vert, orange ;
- 1 gène contrôlant de la couleur orange ;
- 1 ou 2 gènes déterminant la couleur noire de fumée (à la maturation).

- Les **chromosomes homologues,** c'est-à-dire ceux qui constituent une paire, portent localisés en des points symétriques des gènes qui agissent sur le même caractère (couleur de l'oeil, présence ou absence de cornes etc.).

Les gènes qui se correspondent sur les chromosomes homologues sont dits **allèles.** Ils peuvent être identiques mais parfois ils sont d'effets différents (par exemple dans le cas de l'homme et des mammifères, les deux chromosomes de la paire sont identiques chez la femelle : formule XX et différents chez le mâle : formule XY).

- Lorsque les gènes qui commandent un caractère sont identiques, on a une **variété pure** ou **homozygote** pour ce caractère.
- Chez les variétés hybrides, il y a une ou plusieurs paires de gènes constitués par des allèles de nature différente, cette variété est **hétérozygote** pour le ou les caractères qu'ils commandent (exemple : graines lisses ou graines ridées).

6. Quelles sont les premières expériences permettant d'établir les principes généraux de la transmission des caractères héréditaires ?

Les premiers travaux scientifiques sur l'étude de l'hérédité sont dûs à Mendel, moine bénédictin et autrichien, qui effectua ses recherches autour de 1860. Ses règles qu'il émit ont été ensuite complétées par de nombreux chercheurs, ont permis d'orienter judicieusement croisement et sélection, ce qui a joué un très grand rôle dans l'amélioration des productions végétales et animales.

6.1. Hybridation :

En génétique, l'hybridation est le croisement entre individus de races ou variétés différentes mais appartenant à la même espèce. Dans ce cas on obtient des hybrides inter-raciaux.

Pour les plantes à fleurs, on procède à la pollinisation artificielle. Elle consiste à supprimer, avant maturité, les étamines d'une fleur et à déposer sur son pistil, pour fécondation, le pollen provenant d'une autre fleur de variété différente.

En ce qui concerne les animaux, on a recours soit à l'accouplement naturel, soit à l'insémination artificielle.

6.1.1. Monohybridisme :

C'est le croisement de deux variétés pures dont on ne considère qu'**un seul** des caractères qui les différencient.

1ère expérience : Soient deux variétés de pois (Pisum), l'une ayant les graines lisses et l'autre les graines ridées. Si l'on procède au croisement d'un certain nombre de fleurs, on obtient :

- à la première génération (F1) : des graines qui sont toutes lisses.
- à la deuxième génération (F2) : en faisant reproduire les graines obtenues en F1 par autofécondation, on observe que la 2ème génération comporte :
  + 1/4 de graines ridées (25 %)
  + 3/4 de graines lisses (75 %)
- à la troisième génération (F3) : ces graines de F2 sont semées et des fleurs laissées à l'autofécondation. A la récolte on obtient :
  + Les graines ridées (1/4 de F2) ne donnent que des graines ridées.
  + par contre, les graines lisses (3/4 de F2) donnent :
    . 1/4 de F2 a donné des graines lisses qui produiront ensuite des plantes ayant indéfiniment des graines lisses.

. Les deux autres quarts de F2 ont donné 1/4 de graines ridées + 3/4 de graines lisses (comme en F2).

Explications :

- Les cellules reproductrices (pollen ou ovule) des pois contiennent et transmettent, l'une le gène faisant apparaître le caractère lisse (L), l'autre gène le caractère ridé (r).
- Pour représenter un caractère porté par un gamète, on utilise comme symbole une lettre majuscule ou minuscule suivant qu'il est **dominant** ou **récessif** : L pour lisse (dominant), r pour ridé (récessif).
- En 1ère génération (F1) bien que les deux caractères "lisse" et "ridé" (Lr) soient réunis dans la même graine, un seul apparaît (L) : lisse est dominant, et l'autre (r), masqué, ridé est dominé ou récessif.
- En 2ème génération (F2) : les chromosomes homologues qui portent des gènes allèles de caractère L et de caractère r se disjoignent dans les cellules reproductrices au moment de la méiose. Chacune d'elles n'en porte qu'un caractère.
- En 3ème génération (F3) : à la fécondation, il y a 4 possibilités de rencontre des gamètes porteurs des gènes L et r :

L♂ peut rencontrer
- L♀ donne LL graines lisses
- r♀ donne Lr graines d'aspect lisse (comme en F1)

r♂ peut rencontrer
- L♀ donne Lr graines d'aspect lisse (comme en F1)
- r♀ donne rr graines ridées

Soit 1/4 de graines ridées et 3/4 de graines d'aspect lisse.

Représentons sous forme de tableau à 2 entrées :

♀ gamètes ♂	L	r
L	LL	Lr
r	Lr	rr

Les graines LL et rr qui possèdent un **gène identique** sur chacun des chromosomes d'une même paire, sont **homozygotes** pour le caractère lisse et pour le caractère ridé. Chaque catégorie constitue une **lignée pure,** dont tous les descendants (par autofécondation) seront semblables.

Les graines Lr qui ont des **gènes différents** sont dites **hétérozygotes** pour le caractère forme de l'enveloppe extérieur (lisse ou ridée). Leur descendance sera dissemblable (identique à F2).

2ème Expérience : Croisement d'un coq blanc (B) de race andalouse avec une poule noire (N) de même race. On obtient :

En F1 : des animaux de couleur intermédiaire, à plumage bleuté (ou "noir dilué") (BN).

En F2 : la répartition des produits issus de l'accouplement des animaux bleutés (BN) est comme suit :

1/4 de blancs purs (homozygotes BB)
1/4 de noirs purs (homozygotes NN)
1/2 de métis bleutés (hétérozygotes BN).

Explications : ici, il n'y a pas de caractère dominant, les deux facteurs noir et blanc agissant simultanément avec la même intensité, on obtient une coloration intermédiaire (dominance intermédiaire). Mais les animaux à plumage bleuté ne produisent pas de gamètes ayant ce caractère.

6.1.2. Dihybridisme :

C'est croisement de deux variétés pures dont on considère **deux caractères** de différenciation, que l'on admet dépendant de l'action de deux paires de gènes qui se trouvent sur chromosomes différents.

3ème expérience : soient deux variétés de pois (pisum).

- La 1ère variété de pois à graines lisses (LL) et de couleur jaune (JJ).
- La 2ème variété de pois à graines ridées (rr) et de couleur verte (vv).
- A la 1ère génération (F1) : tous les hybrides sont semblables : les graines sont lisses et jaunes. Les caractères lisse et jaune dominant les caractères ridé et vert.
- La 2ème génération (F2) : obtenue par semis des hybrides issus de F1 et autofécondation, fait apparaître dans les proportions suivantes :

  + Des pois ressemblent aux parents :

    . 9/16 à graines lisses et jaunes (1/16 homozygotes : variété pure d'origine et 8/16 hétérozygotes : variété hybride identique à F1).

    . 1/16 à graines ridées et vertes (seconde variété pure d'origine).

  + Mais, en outre, deux types nouveaux :

    . 3/16 à graines lisses et vertes (1/16 homozygotes et 2/16 hétérozygotes).

    . 3/16 à graines ridées et jaunes (1/16 et 2/16 hétérozygotes).

Explications : (Voir tableau)

- La formule des gènes parentaux peut s'écrire : LLJJ pour la 1ère variété et rrvv pour la 2è variété, celles de leurs gamètes sera LJ et rv.
- La formule des hybrides de 1ère génération est : LrJv celle de leurs gamètes sera, par suite des combinaisons possibles : LJ, Lv, rJ, rv.
- Les combinaisons LLvv et JJrr étant homozygotes, leur descendance est uniforme, ce sont deux variétés pures nouvelles obtenues par association de caractères, qui, dans la nature, se trouvaient séparés sur des variétés différentes.

6.1.3. Polyhybridisme :

C'est le croisement de deux races ou variétés qui diffèrent par 3, 4, 5,.... n caractères.

4è expérience : Mendel a réalisé de nombreux essais à partir de variétés de pois qui possédaient 3, 4, 5 et même 7 caractères différents. Ainsi, il a notamment croisé les deux variétés de pois suivantes :

- graines lisses (L), cotylédons jaunes (J), téguments bruns (Br) ;
- graines ridées (r), cotylédons verts (v), téguments blancs (b).

En F1 : les individus obtenus ont des graines lisses, des cotylédons et des téguments bruns.

En F2 : on dénombre 64 combinaisons dont 8 phénotypes et 27 génotypes.

En généralisant : si n est le nombre de caractères différents, le nombre de combinaisons dans la formulation des gamètes des hybrides F1 est de 2^n et qu'à la fécondation ; en F2 il y a $(2^n)^2$ combinaisons possibles, d'où il résulte 3^n génotypes et 2^n phénotypes différents.

Pour 3, 4 et 5 caractères, les chiffres théoriques de combinaisons sont :

3 caractères = $(2^3)^2$ = 64 combinaisons dont 6 types nouveaux et stables

4 caractères = $(2^4)^2$ = 256 combinaisons dont 14 types nouveaux et stables

5 caractères = $(2^5)^2$ = 1 024 combinaisons dont 30 types nouveaux et stables

On voit que le nombre de combinaisons est extrêmement élevé. Exemple tout à fait théorique : si l'on suppose 30 caractères portés par des chromosomes différents chez les bovins 2n = 60 (d'où n = 30), le nombre de combinaisons $(2^{30})^2$ dépasse 1 milliard.

Les lois de Mendel sont **des lois de grands nombres.** Elles permettent de prévoir la composition globale des populations obtenues par croisement, mais non de connaître d'avance si un individu déterminé aura tel ou tel génotype ou phénotype.

7. Quelles sont des lois de Mendel ?

Les principes qui se dégagent des expériences décrites plus haut, découverts par Mendel et confirmés par tous les chercheurs, constituent les **lois de Mendel** ou **lois de l'hybridation.**

Première loi : Uniformité des hybrides de première génération.

Les hybrides de première génération F1 sont **semblables,** soit qu'ils rappellent l'un des parents (avec dominance : expérience du Pisum), soit qu'ils réalisent un mode intermédiaire (sans dominance : expérience de coq andalouse).

Deuxième loi : Disjonction des facteurs parentaux et pureté des gamètes.

C'est-à-dire la seconde génération (F2) issue des hybrides F1, est **hétérogène.**

Lors de la formation des cellules sexuelles (méiose) il y a une séparation **(disjonction)** des deux chromosomes homologues porteurs de gènes qui déterminent un caractère chez les parents. Chaque cellule reproductrice n'en porte qu'un des deux facteurs déterminant un caractère, on dit que les gamètes sont toujours purs.

Par suite de la libre association, à la fécondation, des gamètes issues de F1, les produits F2 ne sont plus uniformes.

Troisième loi : Disjonction indépendante

Il y a **ségrégation** des caractères, c'est-à-dire cette disjonction des allèles est indépendante lorsque plusieurs couples allélomorphiques entrent en jeu pour l'extériorisation des caractères considérés, dans le cas de dihybridisme ou de polyhybridisme.

Par exemple : les gènes homologues LL et JJ (lisse et jaune), rr et vv (ridé et vert), de l'exemple de pois, se séparent et se répartissent dans la descendance indépendamment les uns des autres (16 combinaisons possibles).

8. Les lois de Mendel ne sont pas universelles, car il existe des exceptions apparentes à celles-ci, quels sont ces cas particuliers et leur importance dans la transmission héréditaire ?

Les divers cas de dihybridisme ou de polyhybridisme où les caractères se transmettant indépendamment, supposent comme principe absolu que les deux gènes ou les "n gènes" sont localisés sur des paires de chromosomes différentes.

Différentes exceptions peuvent se présenter :

8.1. **Linkage** : Contrairement à la loi de Mendel sur la disjonction indépendante des caractères, on observe que dans les générations successives, certaines de ces **caractères** se transmettent ensemble, ils sont toujours associés, **liés l'un à l'autre.** C'est le linkage qui s'explique en admettant que les gènes déterminant ces caractères sont portés par la même paire de chromosomes.

Exemple 1 : couleur liée au sexe dans le croisement de certaines races de poules :

Coq Rhôde x poule Leghorn → Poussins mâles à duvet blanc
↘ Poussins femelles à duvet coloré

Exemple 2 : si l'on croise des drosophiles (mouches) à corps gris et à ailes longues (GL) avec des drosophiles à corps noir et à ailes courtes (nc), on obtient :

- A la 1ère génération (F1) : tous les individus sont gris et à ailes longues (GL).
- A la 2ème génération (F2) : on obtient 75 % d'individus gris à ailes longues (GL) et 25 % d'individus noirs à ailes courtes (nc).

On en déduit que les facteurs gris-long (GL) d'une part et noir-court (nc) d'autre part, sont **inséparables** : ils sont liés deux à deux et font deux groupes de deux facteurs solidaires c'est-à-dire les facteurs G et L d'une part, n et c d'autre part sont portés par un même chromosome.

8.2. **Crossing over** (ou l'enjambement)

Il se peut aussi que des caractères habituellement associés (gènes portés sur la même paire de chromosomes) se disjoignent dans la descendance. On admet qu'il y a **échange** de certains gènes entre chromosomes homologues lors de la méiose pendant la phase de leur appariement : c'est le crossing-over.

Exemple : le croisement des drosophiles entre une femelle hybride (GL nc) avec un mâle pur récessif (nc nc), on obtient :

41,5 % de drosophiles	grises à ailes longues (GL)	83 %
41,5 % " " "	noires à ailes courtes (nc)	
8,5 % " " "	grises à ailes courtes (Gc)	17 %
8,5 % " " "	noires à ailes longues (nL)	

On admet donc que la liaison entre les facteurs G et L d'une part, et n et c d'autre part, peut parfois se rompre lors de la formation des ovules de la femelle hybride (ici dans 17 % des cas).

L'explication de ces résultats est basée sur le crossing-over ou l'enjambement des chromosomes.

Lors de la première phase de la mitose réductionnelle, les chromosomes homologues s'accouplent. A cette prophase, ils s'entrecroisent et s'enroulent l'un autour de l'autre. A la fin de la métaphase les paires de chromosomes se disjoignent. A ce moment là les deux chromosomes d'une paire **échangent un segment** entre eux. On comprend dès lors que les facteurs GL et nc, bien que portés à l'origine par les mêmes chromosomes, puissent se trouver séparés.

L'enjambement pouvant se faire au hasard en divers points des chromosomes.

Ce phénomène est à l'origine de mutations géniques (sur un seul gène) ou mutations chromosomiques (sur plusieurs gènes). Dans certains cas, ces mutations peuvent être létales ou semi-létales (exemple : mongolisme chez l'homme).

8.3. Superdominance - Hétérosis :

Il y a des gènes à effets additifs : les nouvelles combinaisons peuvent faire apparaître des caractères à un degré plus marqué que chez les deux parents : c'est l'hérédité avec **superdominance.** L'effet favorable qui apparaît dans certains cas est utilisé en production végétale ou animale : phénomène d'**hétérosis.**

Exemple : Si l'on croise deux lignées pures différentes de maïs, on obtient des hybrides de F1 d'une vigueur et d'une productivité exceptionnelles. De plus, ces hybrides sont d'une grande homogénéité (1ère loi de Mendel) dans leur aspect extérieur et leurs caractéristiques culturales. Cette vigueur, appelée luxuriance des hybrides de F1 ou phénomène d'hétérosis, est liée à l'état très hétérozygote des individus de la première génération.

L'effet d'**inbreeding** ou l'effet de consanguinité est le contraire de l'hétérosis, lorsque l'on autoféconde un pied de maïs et sa descendance, on constate à chaque génération une baisse de vigueur des descendants (plantes chétives, épis peu garnis, grains petits). Cet effet est lié à l'état de plus en plus homozygote des lignées pures obtenues.

9. Quelles sont les causes de la variation de certains caractères parmi des individus d'une espèce donnée ?

Si l'on examine un grand nombre d'individus d'une espèce donnée, on constate qu'ils diffèrent entre eux par certains caractères. Ces différences entraînent une variation qui, selon son origine, apparaît soit comme non héréditaire, soit comme héréditaire.

9.1. Les variations non héréditaires ou somations :

Définition : Les somations correspondent à des divergences dans la réalisation du phénotype, qui sont dues à l'influence du milieu extérieur.

Exemple : Dans un lot assez important de bovins d'une même race prise au hasard, on trouvera des animaux de taille très différente et entre les extrêmes, il y a des formats intermédiaires avec un plus grand nombre au voisinage de la moyenne.

Explication : les causes de ces différences de taille peuvent être diverses : alimentation, climat, maladie, mise bas plus ou moins précoce etc. Ainsi les conditions extérieures interviennent dans la réalisation du phénotype de chaque individu.

9.2. Les variations héréditaires ou mutations :

Définition : Les mutations sont les variations héréditaires, dont les caractères totalement différents peuvent apparaître d'un seul coup.

Ces mutations qui se manifestent dans le phénotype, sont dues à une modification brusque du génotype (en dehors de l'hybridation). Les causes peuvent être le crossing-over, la polyploïdie.

Exemples :

- Certaines espèces de vertébrés ont des races "albinos" (absence de pigmentation : peau d'un blanc mat, yeux rougeâtre).

- Certaines races ovine et bovine sans cornes.
- Chez les végétaux : les haricots - beurre nains, les tomates à fruits jaunes etc.

Chaque mutation correspond à une modification du génotype qui se transmet suivant les lois de l'hérédité.

On distingue :

- **Mutations géniques :** c'est la constitution physico-chimique d'un gène qui est modifiée.

  Exemple : les choux cultivés (choux verts, choux-fleurs, choux de Bruxelles) sont des mutants de la forme spontanée.

- **Mutations chromosomiques :** elles résultent de la rupture des chromosomes et de la soudure des fragments dans un ordre différent (quelques accidents : déficience, translocation, interchange, inversion, duplication).

- **Mutations de génomes :** elles résultent d'une multiplication globale chromosomique, elles aboutissent à la polyploïdie. L'assortiment chromosomique diploïde normale 2n s'augmente d'une, deux, trois séries complètes de n chromosomes (génomes). De diploïde, il devient triploïde (n + 2n ou 3n), tétraploïde (2n + 2n ou 4n), hexaploïde, polyploïde.

Intérêt pratique de la polyploïdie :

Exemples :

- Augmentation de la taille des plants.
- Grosseur des fruits chez les arbres fruitiers.
- Pétales plus grands et des coloris plus intenses chez les fleurs ornementales.
- Augmentation de la teneur en protéine chez les céréales.

On recherche à augmenter artificiellement la fréquence des mutations par l'utilisation des rayons radioactifs ou certains produits chimiques, comme le colchicine, qui provoquent des modifications dans le nombre de chromosomes des cellules. Ces méthodes servent principalement à l'amélioration de certaines plantes cultivées : soja à maturation précoce, riz à rendement élevé, blé à forte teneur en gluten, coloration pour certains fruits etc.

10. Qu'est-ce que le génotype ? le phénotype ?

10.1. **Le génotype** est l'ensemble de caractères héréditaires fixé sur les gènes, c'est-à-dire qu'un individu est susceptible de transmettre à sa descendance.

Exemples :

+ Pour une variété de maïs : ce sera la précocité, la résistance à la sécheresse, à la verse etc.
+ Pour un bovin, la couleur de la robe, l'aptitude à une croissance rapide, à une excellente conformation etc.

Ces particularités subsistent quelles que soient les conditions de culture ou d'élevage.

10.2. **Le phénotype** est l'ensemble des caractères morphologiques et physiologiques, l'extérieur et les performances visibles, que ces caractères soient ou non héréditaires. Il dépend du génotype et du milieu. Il est difficile d'apprécier ce qui revient à l'un et à l'autre : le milieu masque dans une certaine mesure le génotype.

Exemples :

+ dans une récolte de riz, il n'est guère possible d'estimer la part qui est due aux qualités propres de la variété et celle qui provient de la fumure, de l'assolement etc.

+ deux vaches laitières génétiquement identiques auront des productions différentes suivant l'alimentation, l'hygiène, l'habitat etc.

11. Quels sont les intérêts pratiques des lois de Mendel et de la théorie chromosomique de l'hérédité ?

Certaines races animales et certaines variétés des végétaux possèdent des qualités intéressantes qu'on voudrait pouvoir associer.

C'est, par exemple, le cas du riz dont certaines variétés sont résistantes à la sécheresse, d'autres à la verse ou à la piriculariose (maladie cryptogamique grave). On peut donc avoir pour objectif de réunir, sur un hybride, l'ensemble de ces aptitudes. Toutefois ce nouvel hybride ne se perpétue fidèlement que s'il est stable, c'est-à-dire s'il est homozygote pour tous les caractères intéressants.

Le travail de sélectionneur (ou plutôt hybrideur) consiste donc :

- d'abord à rechercher le matériel génétique : c'est la prospection ;
- à effectuer les croisements appropriés ;
- à isoler les hybrides homozygotes obtenus ;
- à multiplier ceux qui réunissent les qualités recherchées.

IV. ACTIVITES PEDAGOGIQUES SUGGEREES

1. A l'aide de graphiques, photos ou diapositives, montrer les divers types de chromosomes, gènes, la différence entre la méiose et la mitose tec.

2. Pour illustrer la notion de race (animaux) et de variété (plante) :

   . Relever les caractères ethniques et morphologiques chez les animaux suivants : races bovines, ovines, caprines, porcines et volailles (taille, format, robe, cornage, tête, mamelle, plumage etc.). Observer également les anomalies héréditaires chez les animaux observés (absence de cornage, albinos etc.).

   . Observer chez les plantes : taille, port, feuille, fruit, fleur, coloration de certains organes etc.

   . Etudier les familles suivantes :

   + Graminées : * riz, sorgho, mil, maïs, canne à sucre...
   * observer la différence entre le riz sauvage et le riz cultivé.
   + Papilionacées : arachide, niébé, voandzou, soja.
   + Malvacées : cotonnier, gombo, oseille de Guinée, chanvre de Guinée.
   + Liliacées : oignon, ail, échalotte.
   + Crucifères : chou, navet, chou-fleur, radis.
   + Solanacées : tomate, poivron, pomme de terre, piment, aubergine.
   + Curcubitacées : concombre, melon, potiron.
   + Ombellifères : carotte, céleri, persil.
   + Anacardiacées : manguier, anacardier.
   + Rutacées : orange, citronnier, lime, pamplemousse, mandarine.
   + Mimosacées : gommier, néré.
   + Bombacées : baobab, kapokier.

3. Rechercher les différentes variétés de maïs locaux, maïs améliorés, maïs hybrides simples et doubles. Comparer les épis : taille, grosseur de graines, texture, coloration, régularité des grains.

4. Illustration des variations non héréditaires (ou somations) :

   - Relever la taille des élèves de la classe. Portez sur un graphique ces résultats en groupant les mesures par ordre croissant (intervalles de 3 cm) en fonction de leur fréquence (nombre d'élèves de chaque groupe).

   - Etablir deux séries d'histogrammes si la classe est composée de filles et de garçons. Interpréter ces résultats.

V. BIBLIOGRAPHIE

1. BIT. - Agriculture générale : Multiplication et amélioration des végétaux. Cours de BIT/PNUD, Bamako, 1972.

2. Chalaud, G. - La sélection végétale - Que sais-je ? Paris, 1965.

3. Dictionnaire Larousse agricole, Paris, 1981.

4. Echegut, G.F, Tréville, A, Beauvieux, J.C. - Introduction à la génétique - J.B. Baillère, Paris, 1974.

5. Gauthier, J. - Notions d'agriculture. Ed. J. Gauthier, Périgueux, 1983.

6. Mémento de l'Agronome - 1980, Ministère de la Coopération française.

7. Soltner, D. - Les grandes productions végétales. Sciences et techniques agricoles, Paris, 1983.

8. Valdeyron, G. - Génétique et amélioration des plantes. J.B. Baillère, Paris, 1961.

UNITE 7

AMELIORATION ET SELECTION DES PLANTES

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

A la fin de cette unité, l'élève sera capable :

- de définir les termes : berceaux agricoles, origines des plantes cultivées, domestication des plantes ;
- de définir la sélection végétale et ses objectifs ;
- de citer les principaux types de sélection ;
- d'expliquer schématiquement la sélection massale, la sélection généalogique et l'hybridation ;
- de donner les différentes méthodes de sélection appliquées aux plantes autogames, allogames et aux plantes à reproduction végétative ;
- de décrire le schéma d'un programme de la création de nouvelles variétés.

II. QUESTIONS D'ETUDES

1. Qu'appelle-t-on berceaux agricoles ?
2. Quelles sont les origines et les introductions de plantes cultivées en Afrique tropicale ?
3. Qu'est-ce que la domestication des plantes ?
4. Qu'est-ce que la sélection végétale ? Quels sont les objectifs de la sélection ?
5. Quels sont les types de sélection végétale ?

6. Qu'est-ce que la sélection conservatrice ? Quelles sont les principales méthodes employées ?

7. Qu'est-ce que la sélection créatrice ? Quelles sont les principales méthodes utilisées ?

8. Quelles sont les méthodes de sélection appliquées aux plantes autogames ?

9. Quelles sont les méthodes de sélection appliquées aux plantes allogames ?

10. Quelles sont les méthodes de sélection appliquées aux plantes à reproduction végétative ?

11. Pour créer ou améliorer une nouvelle variété, quelles sont les différentes phases de recherche à entreprendre ?

III. DISCUSSIONS

1. Qu'appelle-t-on berceaux agricoles ?

Comme les espèces sauvages, les plantes cultivées ont leurs migrations : individualisées en une région, les espèces et variétés alimentaires se répandent ensuite suivant une aire plus ou moins vaste, déterminée par les causes de dispersion, humaines principalement.

Une espèce cultivée est susceptible de variations, parmi les mutants, l'homme fixe par la sélection les formes les plus avantageuses.

Les berceaux agricoles se reconnaissent à l'abondance des formes qui y présentent une même plante. Vavilov (1949) généticien soviétique, a introduit dans leur définition, un élément génétique qui permet de les déterminer géographiquement.

Il distingue deux centres :

- **Le centre de variation primaire :** est défini par une grande diversité de formes, avec abondance de caractères (gènes) dominants.
- **Les aires de variation secondaire :** il y a au contraire, abondance des caractères récessifs qui ne pouvaient se manifester dans le centre primaire (riche en caractères dominants).

Vavilov reconnait onze berceaux agricoles (origine des plantes cultivées) dans le monde : 5 en Asie, 4 en Amérique, 1 en Afrique et 1 dans le bassin méditerranéen.

Ceux d'Amérique et d'Afrique sont essentiellement localisés dans les régions montagneuses tropicales et subtropicales.

En Afrique, Vavilov distingue un foyer méditerranéen et un foyer abyssin, ce dernier aurait fourni à l'Afrique divers sorghos, les millets, le caféier d'Arabie, le bananier (Musa ensete) et divers blé et orges.

On y ajoute un berceaux ouest-africain et un berceau est-africain.

Le berceau ouest-africain a fourni divers sorghos (S. guineense, S. gambicum...), divers mils pénicillaires et millets (fonio), certaines plantes oléagineuses (Sesamum radiatum) diverses plantes à bulbes et racines (Dioscorea ou igname), divers riz dont l'Oryza glaberrima a son centre de diversification variétale au delta central du Niger (on estime que la riziculture centrale nigérienne se serait formée environ 1500 ans avant J.C.).

Le berceau est-africain a donné divers sorghos (S. caffrorum, S. coriaceum, S. caudatum), divers mils et millets.

2. Quelles sont les origines et les introductions de plantes cultivées en Afrique tropicale ?

2.1. Les introductions méditerranéennes et asiatiques :

C'est aux Arabes que l'Afrique tropicale doit incontestablement les citronniers, les cotonniers et la canne à sucre, les riz asiatiques sont introduits (vers 8-10è siècle sur la côte du Mozambique). Leur introduction sur la côte occidentale d'Afrique par les Portugais est plus tardive (vers 16è siècle).

2.2. Les introductions américaines :

La découverte de l'Amérique devait enrichir prodigieusement l'agriculture de l'Ancien Monde par l'apport de nombreuses plantes alimentaires nouvelles.

Le maïs fut rapporté du Nouveau Monde par C. Colomb dès son premier voyage (1492), le manioc, patate douce et l'arachide furent introduits par la suite par les espagnols et portugais.

D'Amérique furent également importés en Afrique le tabac, les piments, les cotonniers, divers arbres fruitiers (avocatier, papayer, goyavier, pommier-cajou), l'ananas, le sisal, le cacaoyer, l'hévea.

Dans l'ensemble, on estime que 45 % des espèces cultivées en Afrique sont d'origine américaine.

2.3. Plantes alimentaires autochtones :

Avant l'introduction de grandes cultures d'origine de l'Amérique, l'Afrique possédait des plantes alimentaires telles que les ignames, le voandzou, le riz autochtone, les mils, les millets, la banane plantain.

3. Qu'est-ce que la domestication des plantes ?

La transformation d'une espèce sauvage en une plante cultivée est un cas particulier de l'évolution du règne végétal sous l'effet de la **sélection culturale,** c'est-à-dire que la mutation de l'espèce est apparue par suite d'une modification du "milieu biologique" au cours de la première période agricole, dont l'homme avait déjà appris à préparer la terre, à semer, à récolter, mais pas encore à choisir ses semences en vue d'améliorer ses récoltes. Cette dernière étape est désignée sous le nom d'évolution dirigée, celle de l'amélioration délibérée par l'homme, du matériel végétal.

Dans la **sélection culturale** : l'intervention des techniques agricoles (semis, entretien du sol, fertilisation etc.) devait évidemment modifier la valeur sélective de nombreux génotypes présents dans des populations végétales.

Exemples : les effets du semis. La récolte des graines d'une plante annuelle ne peut porter généralement que sur les individus ayant germé dans la saison suivant les semailles. Très rapidement, les formes à germination irrégulière vont se trouver éliminées, particulièrement dans le cas de l'agriculture nomade ou extensive, les grains mûris sur les repousses n'ayant alors aucune chance d'être récoltés.

Tandis que, de nos jours les agronomes ont systématiquement abordé la phase dirigée de la domestication des plantes sous les diverses influences de diversification des formes vivantes que nous connaissons déjà, notamment :

- **Mutations** : l'augmentation de la fréquence des mutations chromosomiques par emploi des radiations ou des substances chimiques est de nature à permettre l'élaboration de formes nouvelles.

- **Migrations** : des échanges de gènes, reste l'essentiel des moyens pour obtenir une variabilité suffisante du matériel d'amélioration. Le transport des graines, de plantes, de boutures etc. joue aussi un rôle non négligeable dans la recherche des formes nouvelles pour les pays qui les entretiennent enfin de les introduire dans les programmes d'amélioration des plantes.

- **Effet de dérive génétique** : joue un rôle important pour permettre la fixation par simple hasard, dans des populations de faible effectif, de propriétés nouvelles et que l'on pourrait considérer comme une source de variabilité non négligeable de l'évolution biologique.

- **Sélection** : la sélection naturelle connaît des gènes allomorphes de valeurs sélectives par différence, l'élimination de l'un au profit de l'autre pouvant demander des centaines de générations. Cette situation n'existe pas en amélioration des plantes par les procédés modernes : chaque fois que l'effet d'un couple de gènes permet d'en délimiter l'existence, l'un des membres déclaré indésirable devient totalement létale. Ainsi, tous les facteurs défavorables à la plante seront ainsi éliminés : sensibilité aux maladies, faible productivité, mauvaise qualité industrielle etc.

4. Qu'est-ce que la sélection végétale ? Quels sont les objectifs de la sélection ?

4.1. Définition : la sélection végétale consiste à choisir les plantes reproductrices en vue d'améliorer les caractères de l'espèce.

4.2. Les objectifs de la sélection : le but recherché est l'obtention de variété dont la production soit forte, régulière, de qualité et la culture facile.

Les buts sont divers et on recherche :

a. Des **caractères nouveaux** - Exemple : la résistance à une maladie.

b. Des **caractères exprimés à un degré plus élevé** - Exemple : une plus grande précocité, une meilleure résistance à la sécheresse, ou un rendement meilleur.

c. Des **combinaisons nouvelles de caractères** - Exemples : association de la précocité et de la production ; ou bien de la rusticité et de la qualité.

d. Des **caractères homogènes** pour l'ensemble des plantes : Exemples : caractéristiques morphologiques et culturales identiques : coloration des graines, époque de maturité.

e. Des **caractères stables** : afin de conserver les aptitudes de la variété d'une année à l'autre (possibles chez les plantes autogames ou à reproduction végétative ; difficiles chez les allogames).

Ces objectifs portent sur divers types de caractères :

a. **Caractères morphologiques** : c'est-à-dire la forme, la taille des végétaux (ex. riz à paille courte et à paille longue). Ces caractères sont en général déterminés par un petit nombre de gènes, et de ce fait, la sélection est simple et rapide.

b. **Caractères physiologiques** : ils déterminent l'aptitude de la plante à réagir aux facteurs du milieu. Ces caractères sont déterminés par un grand nombre de gènes et leur sélection est plus difficile.

Exemple : type de développement d'une espèce : précocité, résistance à la sécheresse, résistance aux parasites.

c. **Caractères complexes** : ils résultent de l'action conjuguée de plusieurs caractères, c'est-à-dire que le nombre de gènes entrent en jeu est très élevé et que la sélection de ces caractères est plus difficile et longue.

Exemple : la productivité d'une variété de céréales est conditionnée par de nombreux facteurs : tallage, nombre de fleurs fertiles par épi, grosseur de grain, importance du système radiculaire, largeur des feuilles, résistance aux maladies etc.

5. Quels sont les types de sélection végétale ?

La sélection peut revêtir deux aspects :

a. **Sélection conservatrice** : c'est l'ensemble des méthodes et des techniques destinées à assurer, au cours des générations de multiplication des semences et des plants, le **maintien** des caractéristiques propres d'une variété. Cette sélection présente nécessairement une limite définie par le potentiel génétique des meilleurs individus de la population de départ.

Principales méthodes : sélection massale et sélection généalogique.

b. **Sélection créatrice ou amélioratrice** : c'est l'ensemble des méthodes et des techniques destinées à assurer la **création** des variétés nouvelles (possédant de caractères nouveaux). Cette sélection est obtenue par croisements raisonnés (hybridation) ou par mutations provoquées.

En améliorant sérieusement le patrimoine génétique, elle offre davantage de possibilités que la sélection conservatrice.

- Principale méthode : l'hybridation.

6. Qu'est-ce que la sélection conservatrice ? Quelles sont les principales méthodes employées ?

6.1. La sélection conservatrice :

On distingue deux méthodes :

- Sélection **massale** : c'est la méthode qui consiste à choisir au sein d'une population les individus d'après leurs propres performances et qui seront multipliés en mélange.
- Sélection **généalogique** : qui consiste à choisir les individus d'après les caractéristiques de leur descendance c'est-à-dire les formes intéressantes ainsi repérées sont isolées et multipliées séparément.

6.1.1. Sélection massale :

Il s'agit de choisir dans une population déterminée (population locale, ou variétés de pays), les individus qui réunissaient les qualités adaptées aux conditions du milieu, résistance à la sécheresse, ou à la verse etc. qu'on désirait exploiter et de les multiplier, en mélange, à l'écart des autres plantes. On obtient ainsi une nouvelle population dont certaines aptitudes étaient supérieures à celles de la population de départ.

Schéma général : Exemple le blé (plante autogame).

En **1ère année** : on choisit, dans la population de départ, les épis que l'on veut multiplier. Les graines de tous les épis sont mélangés et semés sur une petite parcelle. Le restant fournit de semence de grande culture.

En **2ème année** : la petite parcelle fournit la semence d'une parcelle de multiplication. On continue à faire en grande culture à partir des autres semences.

En **3ème année** : on choisit dans la parcelle de multiplication (2e année) les plus beaux épis pour réensemencer une petite parcelle, alors que le reste fournit la semence de grande culture.

En **4ème année** et ainsi de suite : on recommence ainsi les mêmes opérations que pendant les 2è et 3è années.

6.1.2. Sélection généalogique :

Elle se propose d'isoler dans une population un certain nombre de lignées, de vérifier leur pureté puis de les comparer entre elles, par étude de leur descendance, et de retenir la lignée la mieux adaptée aux conditions du milieu.

Schéma de l'opération :

- On choisit dans une population (blé, riz ou sorgho par exemple), un certain nombre d'épis sur les pieds présentant les qualités recherchées (tallage, grandeur d'épi, grosseur du grain, résistance aux maladies, absence de verse etc.). Soit six épis.
- On effectue ensuite une culture comparative des élites : les graines de chacun des épis retenus précédemment sont semés séparément un à un en une ligne par épis (d'où le nom de **lignée**). Les lignées obtenues sont étudiées séparément et comparativement à chacune des phases de leur cycle végétatif. Les lignées ne donnant pas satisfaction par certains caractères qui avaient échappé au choix initial sont éliminées.
- Les lingées retenues sont récoltées séparément, puis utilisées l'année suivante en semis de petites parcelles séparées pour leur multiplication. Les lignées les moins intéressantes sont éliminées.

- Les lingées conservées sont multipliées à nouveau en parcelles plus importantes : ce qui donne déjà une idée du comportement cultural et du rendement théorique (essais culturaux).
- La ou les lignées les plus intéressantes sont conservées pour le dernier stade de la sélection qui est l'observation en grandes parcelles dans les conditions de milieu différentes.

7. Qu'est-ce que la sélection créatrice ? Quelles sont les principales méthodes utilisées ?

Elle se propose de créer des formes ou variétés nouvelles. Deux possibilités sont offertes : l'**hybridation** et les **mutations.**

7.1. L'hybridation :

Pour la sélection, l'hybridation peut se faire entre individus de races différentes, mais aussi d'espèces différentes voire de genres différents. On doit donc réunir le plus grand nombre de lignées de toutes origines. Parmi ces lignées (ou clones) on choisit les génotypes présentant les caractéristiques voulues. Les possibilités de création sont d'autant plus grandes que le choix des génotypes est plus important.

7.1.1. Obtention des hybrides :

- **Chez les plantes à fleurs complètes** (hermaphrodites).

  On procède par pollinisation artificielle : Ainsi pour obtenir des hybrides entre végétaux de race A et B, on supprime les étamines de la fleur A (servie comme femelle) avant la déhiscence des anthères, puis on place un manchon sur la fleur pour

éviter la venue du pollen étranger. On recueilli ensuite le pollen de la fleur B que l'on porte sur le pistil de la fleur castrée A (Ex. Cotonnier). L'opération est délicate pour les fleurs de petite taille (blé, riz, sorgho).

- **Chez les plantes à fleurs unisexuées :**

Comme le maïs, l'opération est plus simple. Un manchon est placé sur l'inflorescence femelle de la plante A avant la maturité du pollen. Il suffit de recueillir le pollen de la plante B et de porter sur l'inflorescence de A.

Rappelons que l'hétérosis ou vigueur hybride est le phénomène qui confère à l'hybride de première génération une vigueur plus grande que celle de ses parents lorsque l'on croise entre deux lignées pures d'une plante allogame (maïs) ; tandis que l'effet d'inbreeding est la diminution de la vigueur chez les hybrides.

Ces phénomènes ont donné lieu à de nombreuses applications pratiques dans le domaine de la sélection des plantes allogames. Mais c'est à propos des maïs que les résultats ont été les plus spectaculaires (la méthode a été mise au point pour la première fois aux Etats Unis vers 1930).

- **Chez les plantes à multiplication végétative :**

Pour cette catégorie de plantes, les organes de multiplication végétative sont des boutures (manioc, canne à sucre), des tubercules (pomme de terre, patate douce), des greffes (les agrumes) etc.

La reproduction végétative permet de conserver fidèlement les variétés, car chaque cellule du nouveau sujet est identique au point de vue génétique à celle du pied-mère.

Dans ce cas, les variétés sont les **clones** c'est-à-dire des ensembles de plantes dérivant d'une même plante-mère par multiplication végétative. Sur le plan général, les clones sont homogènes mais sensibles aux dégénérescences virales.

Ainsi pour la création d'une nouvelle variété, on provoque d'abord de nouvelles variations par hybridation des parents dont on cherche à réunir les qualités : les fleurs du parent servant de femelle sont castrées et pollinisées par le pollen de la plante mâle. On obtient des graines hybrides. Celles-ci sont semées dans des conditions particulières, en donnant des plantules qui produisent de petits tubercules (cas de pomme de terre par exemple). Ceux-ci constituent de nouvelles variétés et l'on poursuit par des méthodes de sélection classique.

7.1.2. Principe de la production des hybrides :

Exemple : cas de maïs hybrides simples et hybrides doubles.

1ère phase : un certain nombre de variétés sont amenées à l'état de lignées pures par autofécondation répétées, pendant plusieurs années. A chaque génération, on constate une diminution de la vigueur et de rendements des descendants (phénomènes d'inbreeding).

2ème phase : le sélectionneur choisit parmi ces lignées pures en fonction des qualités demandées quatre lignées d'entre elles, par exemple A, B, C et D.

- Ces lignées sont alors croisées deux à deux. Par exemple A avec B et C avec D.

Lignées - A x B C x D

Hybrides simples - (AB) (CD)

3ème phase : les rendements obtenus avec les hybrides simples étant généralement faibles, on se livre à un deuxième croisement entre les hybrides simples et l'on obtient des semences **"hybrides doubles"**, soit par exemple :

(AB) x (CD)

Hybride double = ABCD

Les **hybrides "3 voies"** sont obtenus par croisements d'une lignée pure (♂) avec un hybride simple (♀).

Par exemple (AB) x C ⟶ (ABC).

7.2. Hybridation suivie de sélection généalogique :

Principe :

- Choix, dans diverses variétés, de géniteurs présentant les caractéristiques recherchées, puis culture pendant plusieurs années des lignées afin d'obtenir des plantes homozygotes pour leurs qualités essentielles.
- Croisement des plantes retenues dans le but d'associer ces qualités chez leurs descendants (par castration des fleurs femelles et pollinisation artificielle (voir plus haut). On obtient des graines hybrides qui donnent en F1 des plantes d'apparence homogène (Loi de Mendel).
- Enfin, sélection généalogique pour découvrir les lignées pures intéressantes (observations répétées pendant plusieurs générations de la descendance d'un certain nombre d'individus choisis pour les caractères recherchés).

7.3. Hybridation interspécifique et intergénérique :

Hybridation interspécifique : hybridation entre les plantes appartenant à des espèces différentes.

Exemple : croisement entre deux variétés de cotonnier Gossypium hirsutum x barbadense.

Hybridation intergénérique : lorsque les parents appartenant à deux genres différents.

Exemple : le tritical : nouvelle espèce de céréale issue du croisement entre le blé (Triticum dicoccum 2n = 28) et le seigle (Secale cereale 2n = 14). Les cellules de la plante hybride contiennent 42 chromosomes. La plante est intermédiaire entre le blé et le seigle ; elle est avant tout une céréale fourragère mais sa farine peut être utilisée en boulangerie.

Back cross ou rétrocroisement est la succession des unions d'un hybride de première, puis de deuxième, puis de troisième générations etc... avec le parent qui doit transmettre un certain caractère à la population. Le géniteur repris à chaque génération est appelé parent récurrent (A).

Par exemple : soient deux parents A et B, dont l'un (B) possède un caracère particulier (résistance à la verse ou à la sécheresse par exemple) que l'on veut obtenir chez les hybrides ; le back-cross se caractérise ainsi :

$$A \times B \longrightarrow F1$$
$$F1 \times A \longrightarrow F2$$
$$F2 \times A \longrightarrow F3 \quad \text{etc.}$$

En principe au bout de six à huit générations, le caractère est acquis, c'est-à-dire la lignée A possédant le caractère intéressant qui au départ était dans B.

Top cross : croisement entre une lignée pure et une variété quelconque ou à libre pollinisation. Ce type de croisement sert à tester la production des hybrides.

8. Quelles sont les méthodes de sélection appliquées aux plantes autogames ?

Rappelons que chez les plantes autogames, la reproduction est effectuée par autofécondation. Parmi les espèces autogames, on peut citer : le blé, le riz, le sorgho, l'arachide, la tomate, le coton, le soja, le tabac etc.

Les plantes autogames tendent à devenir homozygotes pour tous leurs caractères en quelques générations. Cette homozygotie résulte du fait que les descendants de parents ayant le même génotype portent chaque caractère en double. Ceci explique que la pureté variétale est excellente chez les plantes autogames et que l'hybridation provoquée exige un travail délicat de castration et de pollinisation.

Les techniques choisies permettront d'analyses génétiquement les populations afin de faire connaître les meilleures lignées pures apparues naturellement. Puis par hybridation une nouvelle variation génétique sera provoquée et servira comme point de départ à l'étude d'une nouvelle lignée.

Les principales méthodes de sélection utilisées sont :

- la sélection massale
- la sélection généalogique dans les populations
- la sélection généalogique après hybridation
- le back-cross.

9. Quelles sont les méthodes de sélection appliquées aux plantes allogames ?

Parmi les espèces allogames, on connaît le maïs, le mil, le chou, le melon, l'oignon, le bananier, le dattier (le sorgho est partiellement allogame).

Chez les plantes allogames, la reproduction se fait par fécondation croisée. Dans ce cas, le vent ou les insectes apportent le pollen d'autres variétés, les caractères génétiques sont à l'état hétérozygote et les descendants sont hétérogènes.

Si l'on reproduit des plantes allogames en autofécondation forcée, on constate à chaque génération une baisse de vigueur des descendants (inbreeding). Tandis que l'hybride entre ces lignées homozygotes est beaucoup plus vigoureux que ses parents (hétérosis).

L'agriculture moderne ne peut s'accommoder du mélange de variétés génétiquement différentes dus à la dispersion incontestable des pollens.

Les méthodes de sélection s'orientent vers la création des variétés homogènes et exploitent la vigueur de l'hybride. Ces nouvelles variétés cultivées (ou cultivars) doit tirer parti au mieux du phénomène d'hétérosis résultat de l'hybridation.

L'amélioration des espèces allogames repose sur le repérage, l'isolement et la création de génotypes hétérozygotes intéressants, puis sur la reproduction de celui-ci.

On distingue ainsi diverses méthodes de sélections :

- **Sélection massale :** ce sont les méthodes d'entretien et d'amélioration des populations.
- **Les hybrides contrôlés :** on commence par l'étude de l'aptitude générale à la combinaison des individus à croiser. Si les résultats sont satisfaisants, l'hybridation est réalisée et on fait ensuite une sélection généalogique.

- **Création de variétés synthétiques :** résultent de la reproduction libre d'une population artificielle composée d'un nombre limité de lignées choisies pour leurs qualités agronomiques.

10. Quelles sont les méthodes de sélection appliquées aux plantes à reproduction végétative ?

Les espèces à multiplication végétative sont variées (pomme de terre, patate douce, canne à sucre, fraisier). Les organes de multiplication végétation sont des tubercules, des boutures, des bulbes, des stolons, des marcottes, des greffes, ou des semences (cas où la graine se développe sans fécondation). Rappelons que les variétés sont des clones où les plantes sont issues d'une même plante-mère par multiplication végétative. Génétiquement, les clones sont homogènes. Les différentes méthodes de sélection peuvent être envisagées :

- La **sélection créatrice :** portera sur la recherche de variétés résistantes aux parasites par exemple.
- La **sélection sanitaire :** permet l'obtention de plants sains, même pour les espèces sensibles aux virus (ex : les pommes de terre ou le manioc).
- La **sélection massale ou généalogique :** tendent à éliminer les clones qui ont subi des mutations défavorables au cours des longues années où ils ont été cultivées.
- **Sélection après reproduction sexuée ou après mutation par radiations :** pour essayer de grouper des caractères complémentaires on effectue des croisements. Dès qu'une structure génique se révèle intéressante à étudier, elle est immédiatement fixée par le retour à la multiplication végétative.

11. Pour créer ou améliorer une nouvelle variété, quelles sont les différentes phases de recherche à entreprendre ?

Les travaux d'amélioration des plantes ne peuvent être conduits qu'en Station de Recherches Agronomiques. Les modalités de recherches varient en fonction des conditions du milieu, des objectifs à atteindre et de l'importance des personnels spécialisés ou chercheurs.

Différents stades de l'amélioration peuvent être suivi :

1. Collections :

La station de recherche comporte une ou plusieurs collections vivantes de variétés et de lignées ; ces collections sont de trois ordres :

+ **Collections d'attente ou introduction :** qui groupent les variétés locales hétérogènes issues de la prospection systématique des populations autochtones, variétés étrangères introduites et non acclimatées, ou des variétés non identifiées.

  On y effectue l'épuration rapide des variétés locales, l'acclimatation des variétés importées, l'identification des variétés mal connues.

+ **Collections d'observations :**

  La collection d'observation a pour but de permettre d'étudier le plus complètement possible les variétés placées en Station dans les conditions analogues à leur zone normale de culture. A la suite de ces premières observations, on élimine les variétés qui ne présentent pas des caractéristiques recherchées et on conserve les autres variétés pour les essais comparatifs ultérieurs.

+ **Collections de conservation :**

  Il s'agit de collection dans lesquelles sont conservées les variétés éliminées mais certains caractères peuvent être ultérieurement utilisés.

2. Les différentes méthodes de sélection :

On choisit ensuite les méthodes de sélection qui conviennent le mieux pour la plante recherchée :

a- Sélection massale
b- Sléection généalogique
c- Hybridation
d- Mutation

3. Essais comparatifs de variétés :

Les essais comparatifs de variétés obtenues se font avec répétitions dans l'espace (différentes régions écologiques) et dans le temps (pendant quelques années) par les méthodes d'expérimentation classiques (blocs de Fisher, carré latin, split-plot etc.).

On y étudie particulièrement les caractéristiques suivants :

- leur durée du cycle végétatif (dates de semis)
- réponse différente des variétés à la fumure minérale et organique
- résistance différente aux maladies et aux parasites (essais fongicides et insecticides)
- comparaison des rendements.

IV. ACTIVITES PEDAGOGIQUES SUGGEREES

1. Rechercher les renseignements sur les objectifs et les méthodes de la sélection des plantes cultivées au Mali (cfr. Stations et Rapports de recherches).

2. Visiter les stations ou points d'appui de Recherche et observer les essais de l'amélioration des plantes (disposition des parcelles et des plantes, techniques de l'hybridation, parcelles de collection de variétés etc.).

3. Essai de l'autopollinisation et de l'hybridation du maïs. Dans le champ de maïs de l'école, choisir une dizaine de pieds bien portants, prendre une variété locale (chez les paysans) et une variété améliorée (Tiémantié par exemple).

A. Autopollinisation

a. Couvrir l'inflorescence femelle à l'aide d'un sachet en papier solide, (papier sulfurisé par ex. pour éviter la déchirure par la pluie ou le vent), dès qu'elle émerge de la gaine foliaire, on évite ainsi la pollinisation par les pollens étrangers.

b. Le sachet est placé 1 à 2 jours avant l'émergence des soies (styles).

c. La fleur femelle est étêté de quelques centimètres le jour précédent de la pollinisation, replacer le sachet immédiatement après.

d. Les soies s'accroissent de cette manière régulièrement (en forme de brosse) et sont prêtes pour la pollinisation.

e. Recouvrir également, à la veille, les inflorescences mâles avec un second sachet de papier et bien l'attacher sur la tige principale.

f. Pollinisation : le jour de pollinisation, enlever le sachet recouvrant la fleur femelle et secouer le sac de pollens sur la fleur femelle puis l'encapuchonner par le même sachet et bien l'attacher sur la tige.

g. Laisser le sachet sur la plante pendant quelques jours.

h. Faire les mêmes opérations sur plusieurs plantes et les étiqueter.

B. Hybridation :

Soient la plante A : variété locale et la plante B : variété améliorée.

a. Sur la plante A comme géniteur mâle : couvrir les fleurs mâles à l'aide d'un sac de papier (comme plus haut).

b. Plante B : couper l'inflorescence mâle et couvrir la fleur femelle par un sac de papier.

c. Pollinisation : opération identique comme ci-dessus : en secouant le sac contenant de pollens de A sur la fleur de B puis la recouvrir.

C. Observations : le développement des plantes étudiées ; à la récolte, garder soigneusement les épis obtenus et comparer avec ceux des plantes parents. Semer les graines hybrides pendant la campagne suivante et observer l'état végétatif et le développement de ces hybrides (observer éventuellement le phénomène de l'hétérosis et l'inbreeding).

V. BIBLIOGRAPHIE

1. BIT. - Agriculture générale : Multiplication et amélioration des végétaux. Cours de BIT/PNUD, Bamako, 1972.

2. Chalaud, G - La sélection végétale. Que sais-je ? Paris, 1965.

3. De Laroussilhe. - Le manguier. G.P. Maisonneuve et Larose, Paris, 1980.

4. Dictionnaire Larousse agricole, Paris, 1981.

5. Gauthier, J. - Notions d'agriculture. Ed. J. Gauthier, Périgueux, 1983.

6. Gillier, P et Silvestres, P. - L'arachide. G.P Maisonneuve et larose, Paris, 1969.

7. Mémento de l'Agronome. - 1980, Ministère de la Coopération française.

8. Parry, G. - le cotonnier et ses produits. G.P Maisonneuve et Larose, Paris, 1982.

9. Soltner, D. - Les grandes productions végétales. Sciences et techniques agricoles, Paris, 1983.

10. Valdeyron, G. - Génétique et amélioration des plantes. J.B. Baillère, Paris, 1961.

11. Vandenput, R. - Les principales cultures en Afrique Centrale. Ed. Vandenput, Bruxelles, 1981.

UNITE 8

MULTIPLICATION DE SEMENCES SELECTIONNEES

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

A la fin de cette unité, l'élève sera capable :

- d'expliquer l'importance de la production de semences sélectionnées ;
- d'indiquer les origines de la semence sélectionnée utilisée pour la production à la consommation ;
- de connaître les termes utilisés dans la production de semences améliorées : semences certifiées, semences de R1, R2, Elite II etc. ;
- de décrire schématiquement la mise en oeuvre d'un programme de production des semences améliorées.

II. QUESTIONS D'ETUDES

1. Pourquoi faut-il multiplier de semences améliorées ?
2. Quelle est l'origine de la semence sélectionnée utilisée pour la production à la consommation ?
3. Qu'est-ce que des semences certifiées ? Comment les classifie-t-on ?
4. Comment peut-on mettre en oeuvre un programme de production des semences améliorées ?
5. Quelles sont les opérations de la mise en place et de la conduite des cultures de multiplication ?

III. DISCUSSIONS

1. Pourquoi faut-il multiplier des semences améliorées ?

Parce que la multiplication des semences vivrières est le moyen le plus adapté de faire passer au niveau de la vulgarisation, c'est-à-dire à la portée des paysans. C'est de sa mise en oeuvre que résultera un accroissement sensible du potentiel vivrier, provoqué par :

- L'augmentation de production, assurée par les performances supérieures des variétés sélectionnées par rapport à celles des variétés traditionnelles.
- La création d'un capital semencier de qualité, bien conservé, dont la disposition, en temps voulu et en quantité suffisante qui pourra :
  - + soit pallier directement, une partie au moins, les pénuries de semences,
  - + soit permettre de relancer la production de semences après une campagne difficile.

En outre, la multiplication des semences améliorées se révèle impérieuse pour d'autres raisons :

- + permettre une meilleure maîtrise des productions semencières ; cette maîtrise sera toujours difficile à assurer car les productions semencières font l'objet de fortes spéculations en périodes alimentaires difficiles.
- + éviter le gaspillage des semences de base produites par la recherche.
- + assurer l'obtention de semences de qualité par le suivi rigoureux des méthodes particulières de multiplication.

+ favoriser et développer les échanges inter-états pour le matériel végétal sélectionné et aussi pour les productions destinées à la consommation.

+ préserver les obtentions de la recherche.

Seule une politique semencière cohérante orientant, à l'échelle nationale pour les espèces cultivées, la mise en oeuvre de productions de semences sélectionnées, commercialisées ou distribuées par des sociétés d'Etat aurait des chances de contribuer, efficacement, à l'accroissement des potentiels vivriers nationaux.

Au Mali, il existe un Service de Contrôle et Diffusion des Semences Sélectionnées, qui coordonne les différentes Opérations de Production des Semences Sélectionnées oeuvrant dans les diverses zones agricoles du pays (Exemples : ON, ORM, ODIPAC, CMDT etc.).

2. Quelle est l'origine de la semence sélectionnée utilisée pour la production à la consommation ?

La semence sélectionnée utilisée pour la production à la consommation a deux origines :

- la pollinisation libre
- l'hybridation.

2.1. Semence issue de pollinisation libre :

Ce type de production est appliquée aux plantes autogames telles que le riz, le blé, le niébé (lignées pures) et allogames telles que le maïs, le mil (populations) ou partiellement allogames (sorgho).

La recherche ou tout autre obtenteur fournit, en une seule fois à l'organisme de production de semences, un nombre limité d'éléments reproducteurs :

Généralement à partir de quelques 300 panicules ou épis non autofécondés (riz, blé), ou autofécondés (maïs, mil) s'ils ne sont pas issus de parcelles isolées, on les multiplie séparément pour obtenir les plantes initiales de la génération G0. Par sélection rigoureuse de ces lignées, certaines sont éliminées. Les autres lignées conservées fourniront des semences de la génération G1 puis G2, G3 etc.

2.2. Semences issues d'hybridation :

Cas de maïs : la semence issue d'hybridation provient du croisement de parents qui sont : la variété "V" (ou population sélectionnée) et la lignée pure "L" (ces semences sont généralement fournies par la recherche).

Avec ces deux constituants de base, peuvent être produits plusieurs types d'individus :

- l'hybride simple "HS" qui est le produit de l'hybridation de deux lignées pures (L1 x L2).
- L'hybride trois voie "HTV" qui est issu du croisement d'une lignée pure L par un hybride simple (L x HS).
- l'hybride double (HD) qui est le résultat de l'hybridation de deux hybrides simples (HD1 x HD2).

Ces hybrides ne sont exploitables qu'à la génération F1.

- Le top cross (TC) c'est-à-dire le croisement d'une lignée pure par une variété ou une population sélectionnée (L x V).
- L'hybride complexe (HC) qui est le produit de l'hybridation d'une variété ou d'une population sélectionnée par :
  - + un hybride simple (V x HS)
  - + un hybride trois voies (V x HTV)
  - + un hybride double (V x HD).

- L'hybride variétal (HV) qui est issu du croisement de deux populations sélectionnées (V1 x V2).
- La variété synthétique : qui provient du croisement d'un grand nombre de lignées.

L'utilisation de ces types d'hybrides est plus économique et plus facile à vulgariser dans le milieu rural, car le cultivateur n'est pas obligé de renouveler, annuellement, une semence hybride onéreuse, ce qui est un avantage très important en régions tropicales.

2.2. Exemples : cas de mil et sorgho :

Grâce à la découverte récente de la **stérilité mâle,** des lignées, ne pouvant jouer que le rôle de parent femelle, ont pu être créées. Rappelons que les "mâles stériles" sont des individus anormaux, incapables d'émettre un pollen fertile.

Pour créer un hybride de sorgho ou du mil, il faut faire intervenir trois lignées-géniteurs, d'origine ou de constitutions différentes :

- une lignée A : mâle stérile, qui est le parent femelle de l'hybride.
- une lignée B, isogénique de A, c'est-à-dire de constitution identique, à la seule différence qu'elle est capable d'émettre un pollen fertile : le croisement A x B assure la reproduction de A avec son caractère mâle-stérile ; B est le mainteneur de stérilité.
- une lignée R, qui servant de parent mâle et croisée avec A, permet d'obtenir l'hybride mâle-stérile.

On obtient ainsi des hybrides simples (A x R).

3. Qu'est-ce que des semences certifiées ? Comment les classifie-t-on ?

Lorsqu'il existe un contrôle officiel (pour le Mali, le contrôle est effectué pour la "Section de Contrôle et Diffusion des Semences Sélectionnées") des générations précédant les semences de base, les lots de semences approuvés par l'autorité désignée pourront étiquetés comme **semences de base** (une seule génération) et de **semences certifiées** (plusieurs générations). La génération de "base" est précédée d'un certain nombre de générations regroupées sous le nom de semences "pré-base". Les semences certifiées concernent plusieurs générations successives qui sont appelées :

- des semences certifiées de première reproduction ou R1 issues des semences de base.
- des semences certifiées de deuxième reproduction ou R2 issues des R1.
- éventuellement des semences de troisième reproduction ou R3.

C'est ainsi qu'on distingue les différentes catégories suivantes :

G0 = Plantes initiales

G1, G2, G3 } = Semences "pré-base"

G4 = Semences de base certifiées

R1 (ou G5) = Semences certifiées de 1ère reproduction

R2 (ou G6) = Semences certifiées de 2ème reproduction

Dans beaucoup de pays de l'Afrique tropicale, le terme **"élites"** est généralement appliqué aux générations successives de riz : plantes initiales, Elites I, Elites II, Elites III, Elites IV etc.

Le **conditionnement de la semence** destiné à l'utilisateur est très importante pour sa livraison en bon état et sans risque d'erreur (étiquetage, marquage). La désinfection de la semence sélectionnée certifiée est obligatoire, c'est l'insecticide-fongicide qui est le plus souvent utilisé (dose commerciale variant de 2 à 3 % selon l'espèce). Pour la plupart des espèces, le taux d'humidité de la semence conditionnée doit être limitée à 12 % dans un emballage aéré et à 8 % dans un emballage hermétique.

4. Comment peut-on mettre en oeuvre pratiquement un programme de la production des semences améliorées ?

En ce qui concerne les fermes semencières et surtout la multiplication en milieu paysan, la préparation de la mise en place de la campagne doit être l'objet de préoccupation essentielle suivante :

4.1. Le contrat de multiplication passé avec le multiplicateur après sa sélection préalable et la déclaration de culture (variété, période de semis, terrain) qui sert à officialiser l'existence du champ de multiplication vis-à-vis du Service Officiel de Contrôle.

4.2. Les fiches techniques destinées à assurer la bonne implantation, et la conduite correcte des cultures de multplication :

- Sur le plan agronomique, elles donnent des indications nécessaires pour implanter et conduire de la manière la plus favorable des multiplications (préparation du terrain, époque et mode de semis, densités, démariage, entretiens, fumure minérale obligatoire, protection phytosanitaire, récolte et conservation du grain).

- Sur le plan de la règlementation pour implanter et épurer les cultures semencières, elles doivent respecter les conditions imposées en ce qui concerne notamment : la superficie (0,5 ha au minimum) ; l'antécédent cultural (aucune autre variété de la même espèce à multiplier pendant l'année précédente), isolement (300 mètres au moins de toute culture d'une autre variété de l'espèce à multiplier ; cette distance est valable pour la plupart des céréales).

4.3. Les fiches de suivi des cultures :

Elle ont pour objectifs :

- de suivre les cultures de multiplication pendant toute la campagne agricole (depuis l'implantation jusqu'à la collecte de la récolte) ;
- d'inciter éventuellement de mieux orienter ou améliorer la production grâce au dépouillement de l'ensemble de données.

En outre, les contrôles de l'épuration pendant le cycle cultural a pour objectifs l'élimination des tiges hors-types et épis hors-types (plants étrangers ou plants qui ne correspondent pas au type de la variété multipliée), des épis malades.

4.4. La fiche de collecte :

Il permet d'enregistrer : l'identité du multiplicateur et celle des productions collectées (espèce, variété, localité de provenance), les quantités livrées et certaines de leurs caractéristiques (l'humidité, propreté et état sanitaire du grain).

5. Quelles sont les opérations de la mise en place et de la conduite des cultures de multiplication ?

En ce qui concerne la mise en place et la conduite des cultures de multiplication, les différentes opérations peuvent se succéder ainsi :

5.1. Choix de la parcelle de multiplication :

D'une manière générale, sauf pour le riz irrigué, une multiplication ne peut être implantée sur une parcelle ayant porté la même espèce l'année précédente.

En fonction notamment du mode de reproduction (allogame, autogame), les distances d'isolement peuvent être très variables, quelques mètres à un kilomètre.

5.2. Préparation du sol :

Elle ne présente pas de caractère spécial, un soin particulier sera apporté :

- à la préparation du lit de semences qui devra favoriser, au maximum, la germination et la levée,
- à l'élimination des repousses de toutes origines.

5.3. Semis :

- Plusieurs modes de semis sont possibles : à la volée ou, de préférence, en lignes régulièrement espacées ; les semis peuvent être exécutés à la main, avec un semoir manuel, en culture attelée ou enfin au tracteur.
- La préparation des semis ne présente aucune difficulté pour la production de semences par pollinisation libre. La production par hybridation, plus délicate, implique, par contre, des dispositions ou des précautions préalables en ce qui concerne notamment :
    - le choix des parents pour le sens du croisement,

. l'estimation correcte des superficies, nécessaire à tous les stades de multiplication, en partant de celle évaluée pour le dernier ; cette estimation doit tenir compte de la proportion des superficies à réserver à chacun des sexes ainsi que de la nécessité des bordures de protection ;

. l'orientation des lignes de semis qui doit faciliter la pollinisation des lignes femelles par le vent.

- L'exécution des semis :

. ne présente pas de difficulté particulière pour la production par pollinisation libre, si ce n'est l'homogénéité de la couverture du terrain pour le semis à la volée ;

. implique, pour la production par hybridation, une surveillance constante de son déroulement et la nécessité du marquage des lignes mâles tout au cours de son exécution.

5.4. Epuration :

L'objectif de l'épuration est d'éliminer des parcelles de multiplications toutes les sources de pollutions possibles :

- sexuée, très dangereuse pour les plantes allogames, pouvant être due à plusieurs causes : repousses, rejets, pollution de la génération antérieure, hors-types variés ;

- asexuée, provoquée notamment par les mélanges avec des graines d'autres espèces, par les maladies.

5.5. Castration :

Il faut retenir essentiellement :

- la "castration par voie génétique" qui, en fait, est une stérilisation transmise par des lignées mâles-stériles jouant, obligatoirement, de ce fait, le rôle de femelles dans un croisement industriel (mil Pennisetum, sorgho) ;
- la castration manuelle, encore généralement appliquée pour la fabrication de semences hybrides de maïs ;
- la castration mécanique pour le maïs, par extirpation ou sectionnement de la panicule mâle, toujours néfaste pour le rendement, utilisée, exceptionnellement, en appoint à la castration manuelle.

La vigilance des castreurs ne doit jamais se relâcher, surtout en fin de floraison.

5.6. Entretien des cultures :

L'entretien des cultures de multiplication obligatoirement complété, pour les plantes allogames, par celui de l'environnement a essentiellement pour buts :

- de permettre aux productions d'accéder aux normes requises pour la certification de la semence, en ce qui concerne la présence de corps étrangers ;
- d'éviter que la semence sélectionnée propage les maladies ou favorise les infestations par les adventices dangereuses ou très dangereuses, riz sauvages par exemple ;
- d'empêcher certaines formes de pollution sexuée, chez le mil Pennisetum en particulier.

5.7. Récolte :

La programmation des récoltes est surtout importante lorsque, dès leur exécution, elles doivent être immédiatement acheminées vers les installations de traitement et de conditionnement.

La récolte peut être mécanisée sur les infrastructures modernes ; en zones tropicales, les multiplications réalisées en milieu paysan sont, en général, récoltées à la main.

La récolte ne présente pas de difficultés pour les productions issues de pollinisation libre. Pour celles issues d'hybridation, elle est plus délicate ; elle doit être exécutée, en priorité, sur les lignes du parent mâle.

Les épis semenciers fournis par les lignes du parent femelle doivent être soumis à un tri soigné après leur récolte.

5.8. Opération post-récolte :

La chronologie des opérations post-récolte n'est pas exactement la même suivant que l'on se trouve obligé ou non d'utiliser le séchage artificiel.

Dans le premier cas, la livraison ou collecte des récoltes précède le séchage qui (pour le maïs) précède, lui-même, l'égrenage. Dans le deuxième cas, la collecte des productions, notamment livrées par les paysans-multiplicateurs, suit le séchage (déjà réalisé par ces derniers) ainsi que le battage.

En fonction des considérations précédentes, les différentes opérations post-récolte peuvent se succéder ainsi :

1er cas	2ème cas
1. Livraison ou collecte des récoltes	1. Séchage
2. Pré-nettoyage	2. Battage, égrenage (maïs)
3. Séchage	3. Livraison ou collecte des récoltes
4. Egrenage (cas du maïs)	4. Pré-nettoyage avec, éventuellement, désinfection pour stockage d'attente
5. Nettoyage	
6. Triage	
7. Calibrage	
8. Enrobage	
9. Ensachage avec pesée	
10. Stockage, conservation de courte durée	
11. Distribution	
12. Conservation prolongée des reports ou des stocks de sécurité	

IV.. ACTIVITES PEDAGOGIQUES SUGGEREES

1. Collectionner les semences issues de variétés locales et variétés sélectionnées ou améliorées. Comparer leurs qualités de graines et leurs rendements respectifs (en cultures traditionnelles et intensives). Observer sur les champs, la morphologie de la plante, (taille, port, épi etc.) et leur comportement cultural (résistance à la sécheresse, aux maladies et insectes, etc.).

2. Visiter les champs de multiplication (fermes semencières, stations de recherches) et observer la disposition des champs (orientation, isolement) et les techniques de multiplication.

V. BIBLIOGRAPHIE

1. BON, M. - Multiplication des semences vivrières tropicales. Presses Universitaires de France, Paris, 1981.

2. FAO. - Production de semences améliorées. Rome, 1979.

3. FAO. - Technologie des semences de céréales. Rome, 1979.

4. FAO. - Semences agricoles et horticoles - Rome, 1961.

5. Mémento de l'Agronome. - 1980, Ministère de la Coopération française.

6. Soltner, D. - Les grandes productions végétales. Sciences et Techniques agricoles, Paris, 1983.