

1. LES COMPOSANTES CLIMATIQUES :

1. Les pluies : elles peuvent être considérées soit par la pluviométrie qui représente la quantité totale d'eau tombée pendant une période donnée ; soit par la pluviosité qui représente la répartition dans le temps des pluies. En Afrique, sahélienne, on note une saison de pluies (mai-octobre) contre au moins deux saisons de pluies pour les régions équatoriales. Au-delà de la pluviométrie annuelle qui est elle-même très fluctuante d'une année sur l'autre, on exploite surtout le moyen inter-annuelles ou inter-mensuelles ou même inter-décadaire. Ces moyennes sont d'autant plus exploitables dans des simulations statistiques que l'on dispose de données sur de nombreuses années. Ainsi, pour LAÏ, on dispose actuellement de données pluviométriques sur plus de 50 ans, la station météorologique de LAÏ ayant plus de 50 ans. Pour les nouvelles stations, la fiabilité d'exploitation des résultats augmentera avec l'âge de la station.

a). **La pluviométrie annuelle** : la moyenne annuelle des pluies est une donnée essentielle utilisée par les agronomes pour caractériser le régime hydrique d'une région donnée. Elle est cependant de plus en plus contestée, mais demeure importante pour la comparaison de différentes stations météorologiques. Exemple : pour LAÏ la pluviométrie $P = 850 \text{ mm}$

On dispose ainsi pour toutes les régions, de cartes sur lesquelles sont tracées des lignes d'égales quantités de pluies ou isohyètes : celles-ci sont généralement annuelles, mais elles peuvent être tracées pour des périodes encore plus courtes. En examinant de près les isohyètes ci-après de la région ouest africaine, on constate qu'elles sont très rapprochées sur la côte : 300 mm sur 100 km, alors qu'au centre elles sont plus écartées (150 mm sur 100 km) ; cette tendance s'explique par l'effet induit par la proximité de la mer sur la côte. D'une manière générale, les isohyètes ont tendance à être parallèles à l'équateur, ce qui explique le fait qu'à la même longueur de saison pluvieuse correspond des longueurs de jours différentes. Ainsi, à l'ouest du Sénégal l'isohyète 600 mm correspond à une variation annuelle de la longueur du jour de 100 mn ; alors qu'au Tchad, cette variation n'est que de 70 mn pour la même isohyète. Ces différences ont un effet très important sur la croissance et surtout sur le développement des plantes dites photosensibles qui représentent la plupart des espèces végétales.

TRACES DES ISOHYETES EN AFRIQUE DE L'OUEST

b). **Pluviométrie pour des périodes inférieures à un an** : la pluviométrie annuelle ne fournissant pas tous les renseignements utiles aux choix d'un calendrier agricole compte tenu des incertitudes de la répartition des pluies, on fait recours à des données telles que la pluviométrie mensuelle et surtout décadaire.

Pluviométrie mensuelle : elle permet une étude beaucoup plus fine que la pluviométrie annuelle et se prête aussi à l'établissement d'isohyètes. Exemple pour Bamako on a :

	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
en mm	55	151	239	315	234	69

D'une manière générale, la pluviométrie mensuelle suit une courbe en cloche reflet de la loi de Gauss

Si le coefficient est faible, la variabilité autour de la moyenne est faible.

L'utilisation des données décennales permet de calculer les fréquences de dépassement d'une éventualité afin de mesurer son impact sur le calendrier agricole. Si nous considérons les données pluviométriques sur 31 ans de Katibougou, on a enregistré 11 années sur 31 où la pluviométrie est égale à 0,0 mm pendant la première décennie du mois de mai. Ceci peut guider dans le choix des dates de labour, l'issue de la décennie permet de faire des prévisions, préparations annexes du sol, semis. On peut aussi utiliser ces données statistiques pour prévenir par une irrigation les périodes sèches plus ou moins longues, pouvant compromettre les rendements ; ou même pour décider de l'opportunité d'un traitement phytosanitaire (herbicide, insecticide).

2. La température : L'action de la température peut se situer soit au niveau des seuils de végétation, soit au niveau de la croissance. En effet, en dessous de certaines températures certaines plantes ne germeraient plus, d'où le seuil de germination pour ces espèces (exemple 13°C pour le riz). Par ailleurs, des températures trop élevées ou trop basses peuvent retarder la croissance voire même la bloquer soit par accélération des phénomènes de respiration, soit par ralentissement des processus de migrations. L'oscillation des températures nocturnes et diurnes revêt une importance capitale pour assurer un développement normal des plantes ; ainsi les températures nocturnes doivent être notablement plus basses que les températures diurnes pour assurer une accumulation remarquable le jour et une migration conséquente la nuit.

D'une manière générale, les plantes tropicales sont plus exigeantes en chaleur que les autres plantes ; toutefois, pour chaque espèce on connaît des optimums de températures favorables à une meilleure croissance de la plante.

Rarement considéré comme facteur limitant dans les pays sahéliens, les températures constituent souvent un facteur limitant dans les pays froids de l'hémisphère nord où elles sont trop basses le jour ; ou même en Afrique équatoriale caractérisée par une faible amplitude thermique peu favorable à une croissance convenable des végétaux.

des zones de basses pressions équatoriales et des zones de hautes pressions subtropicales. Ceci engendre un découpage presque parallèle des différentes zones climatiques par rapport à l'équateur en Afrique de l'Ouest. Ailleurs cette observation est moins réelle. S'il est vrai que le facteur latitude joue un rôle prépondérant dans la formation des types de climats, il est non moins vrai que la proximité des mers ou de cours d'eau, l'orientation des côtes, les reliefs, l'existence de courants froids ou chauds soient d'un intérêt particulier.

Les régions de basses pressions se situent en zone équatoriale et comprises entre le

3^{ème} degré de latitude sud et le 5^{ème} degré de latitude nord, mais oscillent en latitude en fonction de la révolution de la terre autour du soleil. Ainsi, la zone équatoriale est caractérisée par des pluies abondantes, fréquentes, et une humidité atmosphérique importante due aux courants ascendants qui refroidissent l'air et le rapprochent de la saturation.

Les zones de hautes pressions se situent vers les latitudes 30 degré nord (anticyclone de Lybie) et sud (anticyclone de Khalahari et de Ste Hélène).

La saison des pluies est déterminée par la rencontre des masses d'air tropical sec (hautes pressions) et des masses d'air équatorial humide (basses pressions). Au contact des deux courants d'air, il y a remontée puis condensation et enfin pluie. La zone où s'effectue cette rencontre se déplace avec la révolution de la terre, et a reçu le nom de FIT (Front Inter Tropical). Il existe ainsi un FIT nord et un FIT sud. Le premier se déplace vers le nord entre le 21 mars et le 21 juin puis vers le sud entre le 21 juin et le 21 septembre, le second se déplace vers le sud entre le 21 septembre et le 21 décembre, puis vers le nord entre le 21 décembre le 21 mars ; dans les deux cas, son passage (FIT) annonce la saison des pluies.

2. Le climat ouest africain : en Afrique occidentale tropicale c'est le passage du FIT qui déclenche la saison des pluies. Il se déplace entre les 25^{ème} degrés de latitude nord (juillet-août) et le 5^{ème} degré de latitude nord (janvier-février). Sa naissance résulte de la rencontre entre l'anticyclone de Lybie (chaud et sec), l'anticyclone des Açores (humide, chaud ou froid selon les saisons) et l'anticyclone de Ste Hélène (chaud et humide).

DEPLACEMENT DU FIT EN AFRIQUE DE L'OUEST

La préparation du sol contribue pour beaucoup à l'obtention de bonnes récoltes. Elle permet d'améliorer la structure du sol; de créer des régimes d'aération, hydriques et thermiques favorables; de régler positivement la décomposition de la matière organique et le cycle des substances minérales pour améliorer la nutrition des plantes; d'enfouir à la profondeur voulue les résidus de récoltes ou de végétaux et la fumure, de protéger les cultures contre les parasites, les maladies et les mauvaises herbes; d'aplanir le sol et de former des billons à sa surface et de le protéger de l'érosion; enfin, de créer des conditions propices à une bonne germination des semences. Ainsi, on comprend que la nature du travail à effectuer dépendra d'abord des propriétés physiques du sol.

LES BESOINS EN EAU DES CULTURES

Les besoins en eau des cultures doivent tenir compte essentiellement du climat, du sol et de la plante. On peut ajouter à ces critères d'autres tels que la fertilité du sol, les méthodes et pratiques culturales, etc. Dans le cas de la mise en place d'un projet d'irrigation, il est important de procéder au préalable à une étude aussi précise que possible permettant la rentabilité des investissements et l'alimentation exacte en eau, sans déficit ni excès pour les cultures. Dans d'autres cas, on se limite à faire coïncider le cycle de développement des cultures avec la saison pluvieuse ; enfin souvent, on procède à une intégration des deux méthodes précédentes.

L'établissement d'un bilan hydrique complet assurant un meilleur développement des plantes, prélude d'un meilleur rendement peut être résumé en un équilibre total entre les différentes recettes en eaux et les différentes pertes (dépenses) pour les cultures. L'équation générale peut s'écrire :

$$\mathbf{P + I \pm D r \pm R \pm Dh - ETR = 0}$$

P = pluviométrie ; I = irrigation ; Dr = drainage ou remontée capillaire ; R = ruissellement ; Dh = variation de l'humidité du sol ; ETR = évapotranspiration réelle.

L'analyse du bilan hydrique montre que certains facteurs sont sous la dépendance directe du climat (ETR, P, I) ; d'autres dépendent du sol (R, Dr, Dh, I) ; d'autres enfin de la plante (ETR, I).

I. FACTEURS LIES AU CLIMAT :

Les phénomènes de pertes d'eau à la surface de la terre sont dus à des processus énergétiques ; aussi, accepte-t-on que les facteurs climatiques soient responsables des pertes en eau par le sol et les plantes.

Les disponibilités énergétiques représentent une demande, tandis que l'eau contenue dans le sol et la plante constitue une offre. On appelle ainsi évapotranspiration la quantité d'eau totale évaporée par le sol et transpirée par la plante ; la lère n'étant importante que dans le cas d'un couvert végétal discontinu.

L'évapotranspiration est un phénomène consommateur d'énergie assurant le passage de l'eau de la phase liquide à la phase gazeuse. Un gramme d'eau évaporée consomme 590 calories soit 59 calories/cm² pour évaporer un mm d'eau.

Pour évaluer l'évapotranspiration, on utilise des méthodes basées sur des variables climatiques, car la mesure directe sur terrain bien que possible rencontre quelques difficultés d'exécution.

Pour remédier à l'effet restrictif que les différences climatiques ont sur l'exactitude des formules de prévision, on a expérimenté 4 formules largement utilisées, en les confrontant aux données mesurées de l'ET (évapotranspiration) dans différentes zones géographiques et sous des climats différents. L'approche suivie met en relation l'ampleur et la variation de l'ET avec un ou plusieurs facteurs climatiques (longueur du jour, température, vent, humidité, insolation).

1. L'évapotranspiration potentielle : ETP

Dans des conditions climatiques données, elle représente la valeur maximale possible de l'évapotranspiration. Par définition l'évapotranspiration potentielle représente l'évapotranspiration d'un couvert végétal bas (gazon de 8-15 cm), vert, poussant activement, homogène et continu, ne manquant pas d'eau et qui n'est soumis à aucun facteur limitant d'ordre physiologique, nutritionnel ou pathologique.

Profondeur, il est fabriqué en fer galvanisé (0,79 mm) ou en monnel (0,80 mm), monté sur un cadre en bois formant une plateforme évidée, de sorte que le fond du bac se trouve à 15

cm au-dessus du niveau du sol ; l'eau est maintenue entre 2-3 pouces du rebord. Le bac Colorado : c'est un bac enterré fournissant une meilleure estimation de l'ETP que le bac A. Fait de fer galvanisé de 100 cm de côté (ou 91,4 cm) pour 50 cm de profondeur (ou 45,7 cm). L'eau est maintenue dans le bac soit au niveau du sol, soit légèrement en dessous. Il est très souvent utilisé en Afrique.

2. L'évapotranspiration maximale : ETM

C'est la valeur maximale de l'évapotranspiration d'une culture donnée à un stade Végétatif donné ; on comprend donc que la valeur d'ETM soit fonction du stade de développement d'une part, et des conditions climatiques d'autre part. Théoriquement faible pour les stades de développement précoce de la plante, ETM croît avec l'âge de la plante.

Sa valeur est théoriquement inférieure ou égale à celle calculée d'ETP. Cependant, exceptionnellement pour certaines cultures hautes (maïs, canne à sucre, bananier, etc.), on peut trouver des valeurs ETM supérieures à ETP mesurée ou calculée.

On a:

$$\mathbf{ETM \text{ (stade)} = k \text{ (stade)}. ETP \text{ (en mm)}}$$

K dépend de la culture (espèce ou même variété) et de son stade de développement ; si k est

Maximum (k = 1), ETM (stade) = ETP ; sinon $ETM \leq ETP$ Ainsi, on a : $0 < k \leq 1$

3. L'évapotranspiration réelle : ETR

L'ETR représente l'évapotranspiration d'un couvert végétal dans des conditions réelles données. En effet, comme c'est souvent le cas, l'alimentation en eau de la plante peut être limitée par des contraintes d'ordre physiques (suction du sol), chimiques (concentration des solutions), biologiques (régulation des stomates) ; et l'on a alors une réduction de la consommation en eau par rapport à la valeur maximale qu'elle pourrait atteindre sans contraintes. On a alors :

$$\mathbf{ETR \leq ETM}$$

Quant à la notion ETR (opt) ou ETR optimum, elle est beaucoup plus difficile à approcher. Son intérêt se fait sentir lorsque l'on constate que l'optimum économique est atteint pour des valeurs

de ETR inférieures à ETM, soit parce que le rendement Commercialisable maximal est atteint pour des valeurs de ETR inférieures à ETM, soit parce que le supplément de rendement au voisinage de ETM est trop faible pour compenser le coût d'irrigation. On a :

$$\text{ETR (opt)} = k \text{ (opt). ETP}$$

En conclusion, on peut écrire :

$$\text{ETR} \leq \text{ETM} \leq \text{ETP}$$

Par ailleurs, le rapport $\text{ETR/ETP} = k$ (stade) est appelé indice de satisfaction de l'alimentation en eau des cultures. Plus cet indice est grand, moins les plantes souffrent de déficit hydrique.

II. LES FACTEURS LIES AUX SOLS :

Pour l'agriculture, il s'avère utile de comparer les sols cultivables selon des critères d'aptitude à recevoir, à emmagasiner et à mettre à disposition de la plante, l'eau de pluie ou d'irrigation. En plus de son rôle dans l'alimentation minérale et de support pour la plante, le sol est un véritable réservoir qui joue un rôle important dans l'alimentation en eau de la plante. En effet, c'est au sol que la plante s'adresse pour maintenir ses cellules à l'état turgescent, donc à vie. Après une pluie, le sol fait ses réserves.

On appelle réserve (RV) la quantité d'eau Continue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuyage (pour humidité équivalente) et le point de flétrissement (Hf).

$$\text{RU} = da \text{ (HCR-HPF) } z.$$

On appelle Réserve Facilement Utilisable (RFU) la quantité d'eau emmagasinée dans les espaces libres ou macroporosité après inhibition de la structure, et égale à 1/2 ou 2/3 de la RU, soit 1/4 à 1/3 de l'humidité équivalente.

La Capacité de Rétention (RT) est la quantité d'eau emmagasinée dans la structure élémentaire du sol dès sa pénétration. Faible pour les sables, elle représente 2/3 de la réserve utilisable pour les argiles.

La Réserve Utilisable (RU) est égale à : $RFU + RT$.

Plus les pluies s'installent, plus RU tend vers sa valeur maximale RMU (Réserve Maximale Utilisable).

$$RU = \frac{1}{10} (HR - HF) \cdot da \cdot h$$

HR = humidité du sol à la capacité au champ ;

HF humidité du sol au point de flétrissement ;

da = densité apparente du sol ;

h = profondeur explorée par les racines.

III. LES FACTEURS LIES A LA PLANTE :

L'eau est le constituant essentiel de la matière vivante et les végétaux qui en font une grande demande, sont constitués d'environ 95% d'eau. L'eau intervient dans la constitution de certaines structures, assurant à l'échelon cellulaire le maintien de ces structures et le déroulement du métabolisme. Elle intervient par la pression turgescente sur les membranes au port des végétaux. Elle sert de trait d'union entre les parties du végétal en assurant la circulation des substances nutritives, des déchets, des hormones et des éléments minéraux. Elle commande le mouvement des feuilles, des étamines et des stomates. 98% de l'eau absorbée par la plante est évaporée, et seulement 2% de l'eau utilisée représente l'eau de constitution. En plus de son rôle véhiculaire des éléments nutritifs, l'eau assure une régulation thermique au niveau des feuilles. L'eau pénètre dans la plante par l'épiderme des racines et des poils absorbants, arrive aux feuilles où elle est éliminée par les mécanismes stomatiques.

- on appelle réserve (RU) la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol entre le point de flétrissement (HF).
- $RU = da (HCR - HPF)$

- On appelle Réserve Facilement Utilisable (RFU) la quantité d'eau emmagasinée dans les espaces libres ou macroporosité après imbibition de la structure et égale à 1/2 ou 2/3 de l'humidité équivalente.
- La Capacité de Rétention (RT) est la quantité d'eau emmagasinée dans la structure élémentaire du sol dès sa pénétration. Faible pour les sables, elle représente 2/3 de la réserve utilisable pour les argiles.
- La Réserve Utilisable (RU) est égale à : $RU = RFU + RT$.

Plus les pluies s'installent, plus RU tend vers sa valeur maximale RMU (Réserve Maximale Utilisable).

$$RMU = 1 (HR - HF) \cdot da \cdot h \text{ (en mm d'eau)}$$

HR = humidité du sol à la capacité au champ ;

HF = humidité du sol au point de flétrissement ;

da = densité apparente du sol ;

h = profondeur explorée par les racines.

I. PROPRIETES PHYSIQUES DU SOL :

1. Constantes physiques du sol :

a). **La cohérence** : elle correspond à la propriété que possède la terre sèche, et représente la résistance du sol à la pénétration des instruments de travail et à l'écrasement. Elle est liée à la présence de colloïdes. Les propriétés caractérisant cet état sont une résistance relativement élevée à la rupture traduite par le fait qu'il faut appliquer une force considérable pour briser un élément de taille donnée. Une fois cette rupture obtenue, les éléments n'ont plus tendance à s'agglomérer les uns aux autres ; à cet état, il n'y a pas d'adhérence ni aux outils, ni aux doigts.

b). **La plasticité** : traduit la propriété du sol de subir des déformations permanentes tout en gardant après dessiccation un état cohérent. Elle dépend des teneurs respectives en eau et en argile du sol. Pour une teneur en argile donnée et en partant de l'état cohérent, en ajoutant progressivement de l'eau, on atteint à un moment donné l'état plastique ; puis à mesure que l'humidité croît, la terre se déforme pour une pression de plus en plus faible ; et en continuant d'accroître l'humidité, on obtient un état pseudo-liquide.

c). **L'adhérence ou adhésivité** : elle représente l'aptitude des sols à adhérer aux surfaces en contact. Ce sont les films d'eau entourant les particules de terres qui favorisent l'adhérence des fragments de terres les uns aux autres ou à un objet extérieur.

On peut définir les limites de ces différents états.

- **La limite inférieure** de plasticité est caractérisée par l'humidité minima pour laquelle on peut former un bâtonnet de 3 mm d'épaisseur dans les conditions "standards".
- **La limite supérieure** de plasticité ou limite de liquidité correspond à l'état à partir duquel un sillon tracé dans la terre humide placée dans le fond d'une capsule s'efface après un certain nombre de chocs.

La différence d'humidité entre limite inférieure et limite supérieure est l'indice de plasticité qui permet d'apprécier la quantité d'eau que peut absorber un sol tout en restant plastique.

2. Le choix des états favorables aux différents travaux :

Le comportement du sol aux diverses humidités permet de définir les conditions de travail du sol. La cohésion décroît assez rapidement lorsque l'humidité augmente. Au contraire, l'adhérence très faible à l'état sec augmente avec l'humidité, passe par un maximum puis décroît à nouveau. Cette situation peut être schématisée par la figure ci-après.

La courbe de frottement métal-sol suivrait à peu près la même allure que la courbe de l'adhérence. Alors, il résulte de ce diagramme que chaque fois que l'on veut briser des mottes et faire de la terre

fine, il convient de choisir une humidité pour laquelle la cohésion soit nettement diminuée sans pour autant avoir une adhérence trop marquée.

(a) : zone de rupture, formation de terre fine. Si l'on veut faire un labour moulé, il faut choisir une humidité plus grande sans pour autant se placer au maximum d'humidité ;

(b) : zone pour un labour moulé ;

(c) : gâchage de la terre par le labour ou mise en boue (cas de certaines rizières).

Les procédés de travail du sol sont :

-l'ameublissement : consiste à déplacer, à émietter les mottes et particules du sol ; ce qui augmente sa porosité en eau et en air ;

-Le retournement : consiste à déplacer la couche superficielle du sol vers le bas et sa couche inférieure vers le haut. Les résidus de récoltes, les graines, les organes végétaux des adventices, les parasites et les germes de maladies des plantes ainsi que les engrais se trouvent alors enfouis ;

-le brassage : favorise la création d'une couche arable homogène dans laquelle les produits de décomposition des matières organiques ou les engrais sont répartis régulièrement ;

-le tassement : il sert à rapprocher les particules du sol (par opposition à l'ameublissement). On utilise le tassement pour briser les mottes, empêcher un vent fort d'emporter les particules fines du sol. Par tassement après semis, on rend plus intime le contact des particules du sol avec les semences enfouies, ce qui améliore leur germination ;

-le nivellement : nécessaire pour répartir régulièrement l'eau pendant l'arrosage et pour assurer une bonne qualité de l'ensemencement, de l'entretien des semis et de la récolte ;

-les planches, les billons et les buttes sont utilisés dans des terres pour assurer une régulation du régime hydrique du sol, et réduire les effets de l'érosion hydrique.

II. LE LABOUR :

C'est une bande de terre tranchée verticalement par le coutre, horizontalement par le soc puis le versoir qui dans un mouvement circulaire ou hélicoïdal la déporte et la retourne sur le côté.

L'aspect extérieur et l'inclinaison du labour dépendent des états du sol, du réglage de la charrue, du type de versoir et de la vitesse du tracteur.

Ainsi, selon l'aspect extérieur on a les labours à arêtes vives (les bandes conservent leur section rectangulaire et séparées par des galeries), les labours anguleux (l'angle du sommet est presque perpendiculaire), les labours arrondis (l'abondance de la terre fine rend l'écoulement de l'eau difficile), les labours jetés (vitesse d'avancement élevée donne une surface presque plane).

Selon l'inclinaison, les labours peuvent être piqués ou ouverts (inclinaison de 90°), dressé (inclinaison de $45-60^\circ$, profondeur P / largeur L $P/L = 3/4$), couché (inclinaison $< 45^\circ$, $P/L = 1/2$) ou moyen ($P/L = 2/3$).

1. Effets directs du labour sur le sol :

Les effets se manifestent sur les caractéristiques suivantes :

a). La structure : il cherche à améliorer la structure du sol en exposant les mottes aux alternances de dessiccation et d'humectation, en fissurant les structures massives, les semelles de labour compactes, en mélangeant au profil les amendements humifères qui permettent de stabiliser la structure. Mais le labour d'un sol trop humide peut compacter le sol de façon telle que les racines ne peuvent plus descendre au-dessous de la couche superficielle.

b). Le régime hydrique: le labour intervient dans la régulation de l'humidité du sol en favorisant l'écoulement de l'eau en excès, et en retenant au contraire l'eau des pluies, ralentissant son ruissellement superficiel et l'obligeant à s'infiltrer pour constituer les réserves profondes. Le labour de fin de cycle permet souvent un semis précoce en assurant une bonne conservation de l'humidité pendant l'inter campagne.

c). La matière organique et vie microbienne : la flore microbienne et la faune du sol ont besoin pour vivre de matières organiques jeunes, d'un milieu aéré et modérément humide. Toutes ces conditions sont favorisées par le labour.

d) Les propriétés chimiques: le travail du sol rend plus efficace le rôle de chacun des éléments apportés par les engrais et les amendements (calcaires, magnésiens, organiques) en mélangeant dans tout le profil les éléments insolubles ou retenus par le complexe absorbant et en remontant en

surface les éléments en cours de lessivage. Le retournement d'un sol par le labour peut dans certaines conditions ramener en surface une terre infertile ou enfouir au contraire une terre très riche dont l'activité biologique changeant va rapidement disparaître.

2. Les effets directs du labour sur les cultures :

a). **Action sur l'enracinement** : par l'ameublissement de la structure du sol qu'il permet, le labour exerce une action marquée sur l'enracinement des plantes. Il agit à la fois sur le poids, la longueur, la surface, la densité des racines ainsi que sur leur répartition dans le profil. Il existe des liaisons étroites entre porosité-développement racinaire-rendement des cultures.

b). **Action sur les adventices** : le labour permet l'enfouissement des adventices et peut même économiser s'il est bien fait un à deux sarclages. Par ailleurs, il permet l'enfouissement des graines d'adventices à des profondeurs où elles n'arrivent souvent plus à se développer.

C). Action Sur Le Rendement

EFFETS MOYENS DU LABOUR SUR LES RENDEMENTS DES CULTURES DANS LA ZONE TROPICALE SECHE OUEST-AFRICAINE

CULTURES	LABOUR ORDINAIRE			LABOUR D'ENFOUISSEMENT		
	Rt TEMOIN	Rt LABOUR	P. VALUE	Rt TEMOIN	Rt LABOUR	P. VALUE
MIL	1287	1556	+21%	887	1238	+40%
SORHGO	1872	2428	+30%	2039	2571	+26%
MAIS	2173	2777	+28%	1780	2769	+61%
RIZ F.	1039	2473	+138%	1397	3145	+126%
COTON	1629	2062	+27%	1298	1755	+35%
ARACHIDE	1397	1687	+21%	1661	1780	+7%

Rt = rendement en kg/ha, P. VALUE = Plus-value sur labour en RIZ F = riz fluvial, COTON= cotonnier.

3. Effets résiduels du labour sur le sol et les cultures :

Une année après un labour ordinaire, l'effet d'ameublissement du sol et d'amélioration de sa structure demeure. Après un labour d'enfouissement, la décomposition de la matière organique enrichit le sol en humus dont la minéralisation lente et progressive contribue à l'alimentation minérale des plantes et l'amélioration de la structure du sol par l'intermédiaire du complexe argilo-humique ainsi formé. Dans tous les cas, il est à noter que la persistance des effets du labour sur le sol et les plantes est très différente suivant la nature de la culture succédant au labour. Après une arachide par exemple, les modifications apportées à la structure du sol paraissent très atténuées. L'effet résiduel se traduit par des améliorations modestes sur la 2^{ième} et les 3^{ième} cultures. Après une céréale au contraire, l'ameublissement est net ainsi que son incidence sur l'enracinement ; les effets sur le rendement de la 2^{ième} culture sont souvent très importants surtout s'il s'agit encore d'une céréale.

4. La pratique des labours :

a) Epoque des labours :

Le labour de fin de saison des pluies : (labour de fin de cycle). Dans la majeure partie de la zone tropicale sèche, la saison des pluies est de courte durée (3 à 5 mois). L'agriculture dispose souvent de peu de temps pour combiner en début d'hivernage très souvent irrégulier, la double nécessité de labour et de semis précoce. Pour échapper à cette contrainte, il est possible de réaliser un labour à la fin de la saison des pluies si le cycle pluviométrique est légèrement supérieur à celui de la plante cultivée. Les avantages du labour de fin de cycle sont souvent multiples. Il permet :

-de faire un semis précoce : en effet, après un labour de fin de cycle, le semis peut suivre dès le début de l'hivernage après une brève préparation du lit de semences pouvant être réalisé même à sec. Les résultats obtenus sur les rendements sont remarquables.

EFFETS DES EPOQUES DE LABOUR SUR LES RENDEMENTS

	SEMIS	MAIS	ARACHIDE
LABOUR FIN DE CYCLE	PRECOCE	2266 kg/ha	2171 kg/ha

LABOUR DEBUT DE CYCLE	MOYEN	1819 kg/ha	1702 kg/ha
-----------------------	-------	------------	------------

- **De conserver l'humidité du sol** : des observations faites au Centre de Recherche Agronomique de Bambey au Sénégal ont montré que le sol travaillé conserve mieux son humidité pendant la saison morte. Le taux d'humidité à une profondeur de 25 cm est deux fois plus élevé en sol travaillé qu'en sol non travaillé. Par ailleurs, le sol travaillé est plus apte à retenir et à conserver les premières pluies. Cependant, les labours de fin de cycle peuvent présenter des inconvénients s'ils sont mal exécutés. Ainsi, les risques de durcissement des mottes exposés au soleil sont importants. Ces mottes peuvent devenir très difficiles à réduire par la suite. Les risques d'érosion hydrique et éolienne augmentent.

En effet, lorsque le labour est réalisé trop tôt avant la fin de l'hivernage, le sol nu restant exposé aux dernières pluies fortes peut subir une érosion hydrique. Quant à l'érosion éolienne, elle se produit lorsque le labour fournit une trop importante fraction de terre fine.

- **Le labour de début de saison** : effectué en début de saison des pluies, le labour laisse après lui un sol relativement propre prêt pour le semis. Les adventices ayant été détruites, la plante cultivée se trouve avantagée. En bonnes conditions, ce labour est très utile. En région aride et sur sol sableux, il est conseillé en début de campagne d'effectuer un labour sans retournement du sol pour éviter d'enfouir une terre biologiquement active et remettre en surface un sol trop pauvre.

b). La profondeur du labour : on peut faire la classification suivante :

- Labour de déchaumage : 4-6 cm ;
- Labour léger : 7-12 cm ;
- Labour moyen : 13-25 cm ;
- Labour profond : 26-35 cm ;
- Labour de défoncement : 50-100 cm.

La profondeur du labour peut influencer sur le régime hydrique de la plante. Ainsi, en année sèche, il semble que les plantes résistent d'autant mieux que le labour est profond.

Un labour de 15-20 cm est généralement suffisant pour les céréales. Les plantes à racines pivotantes réagiront mieux pour des labours plus profonds (25-30 cm). Il est utile de faire varier la profondeur de labour une année sur deux afin de détruire les semelles de labour déjà formées et d'éviter leur formation.

5. Tracé et orientation des labours :

- **Le labour en planches :** se pratique lorsque la charrue verse toujours du même côté par rapport au sens du déplacement. Le sens du retournement de la terre change donc à chaque demi-tour. Il devient nécessaire de diviser la parcelle en portion rendant acceptable les marches à vide. On peut réaliser soit un labour en planche en adossant, soit un labour en planches en refendant.

Pour le labour en adossant, on commence par le centre de la parcelle, et on effectue un aller-retour. Les deux premières bandes sont adossées l'une contre l'autre d'où son nom. La 1^{ère} bande se déposant sur une surface non travaillée, on conseille de faire le premier retour sur le premier aller.

Pour le labour en refendant, on commence à labourer vers les deux côtés de la planche tout en se rapprochant vers le centre et en jetant la terre à l'extérieur. Les deux dernières bandes laissent un sillon central appelé dérayure (fente).

LABOUR EN ADOSSANT LABOUR EN REFEDANT LABOUR A LA FELLEMBERG

- **Le labour en billons** : on associe 2, 4 ou 6 bandes qui sont séparées par une dérayure. Ce labour est utilisé sur des sols peu profonds et dans les terres humides, car il favorise le drainage du sol ; malheureusement, il réduit les surfaces cultivées.
- **Le labour à plat** : on l'exécute au moyen d'une charrue réversible (qui verse des deux côtés). Ainsi, les bandes sont versées toujours du même côté quel que soit le sens du déplacement de la charrue.
- **Le labour en tournant ou à la Felleberg** : on commence par le centre ou l'extérieur de la parcelle et on opère en tournant de manière à ne pas piétiner le labour. En commençant par le centre on fait un ados ; alors qu'en commençant par l'extérieur on laisse une dérayure en même temps qu'on marche sur le labour pour sortir de la parcelle.

L'orientation des labours dépend essentiellement du degré de la pente. En sol plat on peut labourer dans n'importe quel sens et effectuer même un labour croisé pour homogénéiser la parcelle.

Si le sol présente une légère pente, les raies suivront la pente si un engorgement indésirable est à craindre, ceci favorisant le drainage. Dans le cas contraire, le labour sera perpendiculaire à la pente, permettant de lutter contre l'érosion hydrique et obligeant l'eau de s'infiltrer dans le sol. Dans tous les cas pour lutter contre l'érosion, on labourera toujours suivant les courbes de niveau tant que la pente est supportable pour la stabilité du tracteur ; sinon le labour devient impossible.

III. LES PSEUDO-LABOURS ET LES FAÇONS SUPERFICIELLES :

On regroupe souvent deux familles de travaux qui précèdent, complètent ou même remplacent le labour. Ce sont les pseudos labours ou quasi labours (déchaumage, chiselage, sous-solage) destinés à travailler le sol plus ou moins profondément sans le retourner ; et les façons superficielles (hersage, pulvérisage, roulage, entretien des cultures) destinées à préparer le lit de semences et souvent à entretenir les cultures.

1. Le déchaumage : c'est l'ameublissement superficiel du sol après la récolte avec faible retournement tout en détruisant les adventices. Les chaumes sont en partie enfouis et avec eux les

adventices, les parasites et germes pathogènes. Les graines d'adventices, les larves et insectes nuisibles qui se trouvent dans les chaumes sont ainsi exposés aux oiseaux et au soleil. En ameublissant le sol et en conservant son humidité, le déchaumage facilite le labour ultérieur et améliore sa qualité. On utilise pour ce travail des charrues déchaumeuses à socs ou à disques.

2. Le scarifiage : le sol est ameubli sans retournement. On l'utilise souvent pour détruire les adventices des champs labourés et avant semis. On utilise des scarificateurs extirpateurs.

3. Le chiselage : c'est une opération ameublissant le sol sans retournement tendant à remplacer le labour.

4. Le hersage : il cherche à ameublir et à niveler le sol. Il regroupe les débris de récolte ou les adventices arrachés par les façons précédentes. On le pratique aussi pour enfouir les semences ou **les engrais et éclaircir les semis. Il complète plutôt le labour et doit être réalisé perpendiculairement** au labour. Il est exécuté avec : herses Canadiennes, herses à disques, herses traînantes, etc.

5. Le nivellement : on nivelle la surface du sol ameubli par le passage d'une herse à traîneaux et d'une niveleuse composée de plusieurs traverses de bois réunis par des chaînes. L'égalisation et l'ameublissement du sol par les dents de la niveleuse réduisent l'évaporation. On nivelle souvent le sol tout en le tassant. Dans ce cas on se sert d'un aplanisseur madrier de 20 cm de large et de 10 cm d'épaisseur environ attaché par des tirants à un tracteur par exemple (utilisé pour l'irrigation).

6. Le roulage : il est utilisé pour tasser le sol, égaliser sa surface et briser les mottes. Le tassement du sol favorise la remontée capillaire de l'eau du sol donc son évaporation ; pour éviter cette dernière, la surface du sol est ameublie par des herses légères. L'association roulage-hersage est un des procédés de conservation de l'humidité du sol en zones arides. Le roulage n'est bénéfique que s'il agit sur une terre relativement sèche. En sol humide, il doit être modéré pour éviter un tassement excessif. Le roulage est effectué au moyen de rouleaux plumbeurs, de rouleaux brise mottes, etc., avec une pression allant de 0,05 à 0,5 kg/cm².

On exécute un roulage si le sol est fortement ameubli ou à la suite d'un labour profond. à la veille du semis qui est ainsi favorisé.

7. Le pulvérisage : c'est l'émiettage du sol par des griffes à rotation rapide d'une fraise qui ameublissent le sol, le brasse et coupe les adventices.

8. Le sous-solage : il a pour but de travailler les couches inférieures du sol sans le retourner. Il se fait au moyen de charrue sans versoir avec des griffes fouilleuses. Il est conseillé la première année de mise en culture et tous les 10 à 20 ans. Il augmente la zone explorée par les racines par l'ameublissement profond et la destruction des semelles de labour qu'il favorise.

ENSEMENCEMENT ET PLANTATION

L'utilisation des techniques culturales identiques dans un milieu donné sur plusieurs variétés conduit très souvent à l'obtention de rendements différents. Les différences ainsi observées sont génotypiques et déterminent la productivité variétale. Par ailleurs, différentes variétés présentent des qualités organoleptiques différentes répondant à des goûts et "désidarata" différents selon les populations.

I. CHOIX ET PREPARATION DES SEMENCES :

1. Choix d'une variété : une variété est un ensemble de plantes caractérisées par l'homogénéité et la régularité des rendements. En culture traditionnelle on utilise souvent une population ou un mélange de variétés qui permettraient une meilleure adaptation aux fluctuations annuelles du milieu (état sanitaire aussi). Cependant, l'utilisation de variétés améliorées tend à se généraliser.

Avant l'introduction d'une nouvelle variété dans une nouvelle région, on doit examiner non seulement la productivité variétale, mais aussi et surtout l'adaptabilité de la culture aux aléas climatiques : cycle de développement coïncidant avec le cycle pluviométrique, tolérance aux adversités éventuelles, résistance à la microfaune et microflore "in situ". Dans certains cas, on privilégiera en plus les qualités organoleptiques des produits qui déterminent souvent leur valeur technologique.

2. Origine des semences : dans les pays organisés, les semences doivent être produites par des agriculteurs agréés qui sont soumis aux contrôles d'un service spécialisé (LABOSEM au Mali). Mais avant, la variété doit être créée par un obtenteur (IER au Mali, INRA en France, etc.) qui est

tenu d'assurer son authenticité devant un service créé à cet effet et qui est responsable de la protection de cette variété. Les semences ainsi produites sont commercialisées en vue de protéger le paysan dans sa production.

L'agriculteur doit se procurer annuellement les semences auprès du vendeur agréé. Cependant, dans certains cas, notamment les plantes autogames, le paysan peut se fournir en semences pour l'année suivante en récoltant dans son champ un certain nombre de plantes répondant à toutes les caractéristiques variétales telles qu'elles sont décrites par l'obtenteur. Il peut répéter l'opération plusieurs fois de suite, jusqu'à 5 chez le riz, avant de se procurer des semences certifiées chez son vendeur. Le prix relativement élevé des semences certifiées fait qu'il peut se passer de renouveler annuellement sa semence.

Lorsqu'il s'agit d'espèces allogames, une fréquence de renouvellement s'impose en fonction du taux d'allogamie. Ainsi, pour les variétés de maïs hybride F1, le renouvellement annuel des semences peut assurer une régularité de la production. Dans le cas des variétés population, l'agriculteur assure traditionnellement sa semence en récoltant dans son champ les plantes répondant à son goût et ayant un bon comportement phytosanitaire (mil, sorgho, etc.).

3. Caractère d'une bonne semence ou valeur agricole d'une semence : la valeur agricole d'une semence s'exprime par le pourcentage en poids ou en nombre de semences conformes à l'espèce ou à la variété et capable de germer que renferme un échantillon donné. En plus de l'état phytosanitaire et du taux d'humidité (14 à 15% conseillé chez les céréales), la qualité d'une semence est déterminée par les critères suivants dont le contrôle est assuré par le Service Officiel de Contrôle des Semences.

a). Identité-Pureté variétale : l'analyse de la pureté consiste à décomposer l'échantillon en semences pures du type à examiner, en semences d'autres plantes, en graines d'adventices et en matières inertes. Ceci se fait généralement en Laboratoire sur une plaque de verre sur laquelle les constituants de l'échantillon sont examinés un à un à l'aide d'un scalpel et des pinces fines. Ce travail suppose que le contrôle de la pureté au champ a déjà été réalisé, et que les normes de distances entre la parcelle de multiplication de semences et les autres variétés de la même espèce sont respectées. Pour mieux identifier les différents éléments, on se prémunira préférentiellement d'une loupe grossissant 3 à 5 fois.

La pureté de l'espèce s'exprime par le pourcentage en poids de semences conformes à l'espèce considérée. Pour une variété donnée débarrassée des graines des autres espèces ou variétés et des matières inertes, la pureté variétale est représentée par la proportion des semences appartenant à cette même variété.

Quelle que soit l'espèce, les semences de toutes les variétés doivent respecter les normes internationales suivantes :

◆ **Semences de base** : $P = 99,50\%$ (minimum, ISTA Association Internationale d'Essais de Semences) ;

◆ **Semences certifiées** : $P = 99,00\%$ (minimum, ISTA).

Pour l'évaluation de ces données, on utilisera des échantillons de 100 à 500 g ou plus ; et les mesures de poids doivent être réalisées sur des balances relativement précises.

b). Energie et faculté germinative : des essais de germination sont toujours réalisés sur des semences choisies au hasard parmi les éléments de semences pures. On utilise à l'ISTA 400 graines, alors que dans d'autres pays, ce chiffre peut être réduit mais jamais en dessous de 200. Les essais sont réalisés préférentiellement dans des conditions normalisées et contrôlés en Laboratoire pour obtenir des résultats reproductibles.

L'énergie germinative se rapporte à la rapidité de germination d'une variété et se mesure au bout de 3 à 5 jours. Elle s'exprime par le % de semences germées au bout du premier tiers de la durée de l'essai. Quand à la faculté germinative, elle s'exprime par le pourcentage des semences germées au bout du temps limite correspondant à la germination d'une espèce donnée.

Il a été remarqué que les proportions trouvées en Laboratoire étaient souvent supérieures à celles observées en grande culture ; aussi, faudrait-il en tenir compte lors du choix de la densité de semis. Exemple : une faculté germinative de 95% en Laboratoire équivaldrait en plein champ à 90%.

**CONDITIONS DE GERMINATION ET METHODES DE MESURE POUR QUELQUES
ESPECES**

ESPECES SUBSTRATUM TEMPERATURE EN °C ENERGIE GERMINATIVE FACULTE
GERMINATIVE

Arachide	Papier buvard (PB ou sable (S))) 20-30 ou 25	5 jours	10 jours
Riz	PB ou S	20-30, 25 ; 30	5 jours	14 jours
Maïs	PB ou S	20-30	4 jours	7 jours
Mil	PB	20-30 ;	3 jours	7 jours
Sorgho	PB ou S	20-30 ; 20 ; 25	4 jours	10 jours
Niébé	PB ou S	20-30 ; 32	5 jours	8 jours

La technique la plus rationnelle serait d'opérer avec une étuve à température réglable.

L'humidité doit être rigoureusement entretenue sans excès d'eau. Dans le cas de semences en repos végétatif (dormance), certaines techniques sont utilisées pour lever la dormance. On considère comme dormante des semences ne répondant pas aux conditions généralement considérées comme favorables à la germination en Laboratoire. Ce repos végétatif peut être levé soit par traitement au froid (prechilling) en maintenant les semences à l'état humide au froid (5 à 10°C) pendant 7 à 8 jours (sorgho par exemple), une solution de KNO₃ à 0,2% donnerait des résultats meilleurs à l'eau; soit par traitement à la chaleur: 40°C pendant 24 à 48 heures (riz) ou 40°C pendant 7 à 8 jours avec d'autres espèces.

Dans certains cas pour aboutir d'urgence au résultat du test de viabilité, on utilise le test biochimique. Cette méthode est basée sur le fait que certaines substances incolores, solubles dans l'eau colorent les tissus vivants par une réaction en rapport avec la respiration de ces tissus même si le rythme de cette dernière est lent, et qu'elles n'ont aucune action sur des tissus morts. Le test le plus utilisé est le test au tétrazolium dont le principe actif est le chlorure de tétraphényl tétrazolium.

L'essai consiste à couper le grain dans le sens de la longueur et à tremper la moitié de chaque grain dans une solution aqueuse à 0,5% de tétrazolium pendant un certain temps puis à classer les grains. On considère que les grains dont les embryons sont colorés en rouges sont viables. Les embryons qui ne sont pas colorés ou colorés en certains points sont classés non viables. En coupant les grains mécaniquement, en employant le vide pour accélérer la pénétration du produit dans les tissus de l'embryon et en opérant à une température élevée (40-45°C) pour accélérer les réactions biochimiques, on peut réaliser le test sur 100 graines en 4 à 5 mn.

Pour l'arachide, les semences sont placées pendant 18 h sur un papier buvard à une t° de 29-32°C. Les graines ainsi humidifiées sont trempées dans de l'eau tiède pendant 2h. Alors, les téguments sont assez imbibés d'eau pour être enlevés sans blesser les cotylédons. Les graines sont ensuite immergées dans une solution de sel de tétrazolium (1g/l) pendant 3 à 4 h à 29-32°C. Les embryons viables sont colorés en rouge ou rose claire ; les parties mortes sont colorées en blanc sale. Dans les parties déficientes, la coloration est rouge très foncé et tacheté. Après observation on peut ainsi classer les graines :

- ◆ **Les graines saines : a ;**
- ◆ **Les graines légèrement touchées : b ;**
- ◆ **Les graines mortes qui ne lèveront pas : c.**

Le pourcentage P de graines pouvant théoriquement germer s'exprime par la formule

Suivante :
$$P = \frac{a+b/2}{a+b+c} \times 100$$

c). **Caractères secondaires d'une semence** : on range dans cette catégorie des facteurs comme les dimensions du grain, la densité, la teneur en eau, l'état phytosanitaire, la conformité. Pour l'arachide par exemple on pense que les graines les plus grosses donnent les plantes les plus vigoureuses, par ailleurs, on a remarqué que les petites graines germent lentement en plus des problèmes posés pendant le semis. Le poids de 1.000 graines est une caractéristique variétale qui permet d'orienter le choix des semences. La teneur en eau a une incidence directe sur le maintien

de ses qualités : non seulement sur les possibilités de germination pendant le stockage mais aussi sur son état phytosanitaire. Ce dernier peut trouver un remède avec les traitements phytosanitaires.

CROISSANCE EN FONCTION DE LA GROSSEUR DES SEMENCES FORESTIER

J. 1973

POIDS MOYEN DES SEMENCES EN mg	PRELEVEMENT AU 25 JOUR		PRELEVEMENT AU 50 è JOURS	
	SURFACE FOLIAIRE SF	POIDS DE MATIERE SECHE PMS	SF	PMS
189	61 cm ²	265 mg	473 cm ²	4148 mg
251	127 cm ²	515 mg	885 cm ³	8538 mg
442	167 cm ²	835 mg	1940 cm ³	17463 mg

d). Valeur culturale d'une semence (VC) : c'est le nombre représenté par le produit de la pureté

P et de la faculté germinative Fg divisé par 100. $VC = \frac{P \times Fg}{100}$

Si P = 95 ; Fg = 80, on aura VC = 76 ; valeur presque égale à celle d'un lot de semences dont P = 90 et Fg = 85.

Grâce à cette notion on peut choisir entre plusieurs lots de semences celui qu'il y a intérêt d'utiliser.

4. Préparation des semences :

a). Traitements phytosanitaires : les semences portent toujours à l'extérieur comme l'intérieur une grande diversité de germes (insectes, animaux, champignons, bactéries). Les attaques des micro-organismes sont aggravées par une humidité trop forte (> à 16% chez les céréales). Le traitement est un moyen efficace et relativement peu coûteux pour éliminer en puissance les méfaits des agents pathogènes par des substances insecticides, fongicides, raticides ou même répulsives. L'action de ces substances se poursuit même dans le sol, protégeant ainsi non seulement les semis mais aussi la racicule des différents champignons du sol.

Comme produit utilisé sur le marché on peut citer : le thioral vert contenant un insecticide (l'heptachlore), un fongicide (le thirame TMDT qui est aussi répulsif vis à vis des rongeurs) et un répulsif vis à vis des oiseaux (anthraquinone).

b). Prégermination : le semis à la volée du riz s'effectue dans une rizière en eau. Ainsi, la plupart des semences épandues flottent et sont souvent perdues. On remédie à de tels incidents en faisant une prégermination des semences qui leur confère une densité plus grande. Les semences de riz sont mises dans des sacs que l'on laisse tremper dans de l'eau pendant une nuit à la température de 20-36°C. Le semis est ensuite effectué dans de la boue ou dans l'eau. Cette technique permet également à la plante cultivée de prendre de l'avance sur les adventices.

c). Traitements divers : les rendements sont souvent beaucoup plus élevés si l'on effectue un prétraitement des semences à certains oligo-éléments ou à des préparations bactériennes (ex : inoculation des légumineuses).

II. TECHNIQUES DE SEMIS :

1. Préparation du sol : Avant le semis, il est important de veiller en plus du prétraitement éventuel des semences, à la préparation convenable du lit de semences. En effet, la préparation superficielle du sol doit mettre ce dernier dans un état physique tel qu'il puisse subvenir aux besoins en eau de la graine pour sa germination. La terre doit être d'autant plus fine et d'autant plus tassée que la semence est plus petite. En plus, l'un des objectifs essentiels doit être la destruction éventuelle des adventices, un bon nivellement et une bonne homogénéisation de la terre.

2. Date de semis : en zone tropicale, c'est souvent le degré d'humidité du sol qui dicte le moment des semailles. Il coïncide généralement avec le début de la saison des pluies. On a trouvé que pour réussir un semis il faut que les disponibilités en eau ou en d'autres termes ETR soit égale à 1/2 d'ETP. Les cultures de saison froide doivent être semées en début de saison afin de leur permettre de croître au maximum et d'effectuer leur maturation avant la grande chaleur et la sécheresse. Certaines datés de semis sont utilisées afin de se mettre à l'abri des pillulations massives d'ennemis des cultures. Sur les terres submersibles, le semis doit être effectué avant l'arrivée de la crue (riz flottant) ou après son retrait (sorgho de décrue). Dans certains cas, on effectue un semis à sec afin d'avoir une avance sur la saison des pluies et ce malgré les risques d'échecs qui demeurent importants.

On a intérêt dans les zones à fortes fluctuations climatiques de réaliser un semis précoce tout en tenant compte des possibilités de réaction photopériodique des variétés, des types de sol (argiles cédant difficilement l'eau) et de l'activité biologique du milieu.

ESSAI DATE DE SEMIS M'PESSOBA, COTONNIER BJA592

DATE SEMIS	RENDEMENT COTON GRAIN	RENDEMENT COTON GRAINES
	1969	1970
21 juin	1941kg/ha	1888kg/ha
1er juillet	1924 kg/ha	1292 kg/ha
11 juillet	1455 kg/ha	1400 kg/ha
21 juillet	1096 kg/ha	742 kg/ha

3. Profondeur de semis : avec un enfouissement trop important, la réserve des substances nutritives des graines peut être épuisée avant que les plantules n'apparaissent en surface. Un enfouissement superficiel expose les graines à des facteurs néfastes tels que les vents, la lumière, les oiseaux, etc. En pratique l'enfouissement peut être d'autant plus important que les semences sont grosses et que les sols sont légers et secs.

PROFONDEURS MOYENNES D'ENCEMENCEMENT DES GRAINES DE GROSSEUR DIFFERENTES (Semences Agricoles et Horticoles, FAO 1961, P85)

PROFONDEUR NORMALE DE SEMIS EN cm	PROFONDEUR MAXIMUM PERMETTANT AUX	GROSSEUR DES GRAINES PAR kg	CULTURES

	GERMES D'EMERGER EN cm		
0,6 -1,3	2,5 -5,0	150.000-2.500.000	trèfle blanc, trèfle hybride, féтуque, tabac
1,3 -1,9	5,0- 7,6	75.000-150.000	luzerne, ray grass, millet, navet, trèfle violet
1,9 -3,8	7,6- 10,0	25.000-75.000	sorgho, millets,crotalaria, betterave sucrière
3,8- 5,0	7,6- 12,0	5.000-20.000	blé, riz, avoine, sorgho, seigle
5,06- 7,6	10,0 -20,0	200-5.000	maïs, coton, pois

4. Densité de semis et de peuplement : la densité de semis s'exprime par la quantité de semences à épandre par ha. Elle tient essentiellement compte de la valeur culturale de la semence et de la densité de peuplement ; cette dernière exprimant le nombre de plantes gardées à l'ha. En effet, après semis on procède souvent au démariage afin d'éviter que les plantes se gênent. Pour le sorgho par exemple, en fonction des différents taux de germination il faut :

TAUX DE GERMINATION	≥ 90%	80-89%	70-77%	60-69%
QUANTITE SEMENCES	4-5 kg/ha	5-6 kg/ha	6-8 kg/ha	8-12 kg/ha

EXTRAIT "SEMENCES AGRICOLE ET HORTICOLES" FAO, 1961, P83.

c). Les principaux herbicides :

- **Les dérivés phénoliques** : appelés colorants nitrés, ils sont de coloration jaune, leur toxicité est plus ou moins importante. Ce sont des herbicides de contact (DNOC : dinitro-ortho-crésol, dinosèbe).
- **Les phytohormones de synthèse** : qui sont absorbées par les feuilles, véhiculées par la sève (translocation). Ce sont des herbicides efficaces, à action lente, peu toxique et faiblement rémanent dans le sol :
- **les dérivés de l'acide acétique** : 2-4-D (acide dichloro 2-4 phénoxy-acétique), 2-4-5-T (acide trichloro 2-4-5 phénoxy-acétique), 2-4MPCA (methyl chloro 2-4 phénoxy-acétique) ;
- **les dérivés de l'acide propionique** : dichlorprop (acide dichloro phénoxy propionique) :
- **les dérivés de l'acide butyrique** : 2-4-DB (acide dichloro 2-4 phénoxy butyrique). 2-4MCPB (méthyl chloro 2-4 phénoxy butyrique).
- **Les carbamates** : faible toxicité, plus ou moins volatiles, ils perturbent la division cellulaire et la physiologie et utilisés souvent en prélevée des adventices (diallate, molinate).
- **Les urées substitués** : pénètrent par les racines, s'accumulent dans les feuilles et inhibent la photosynthèse. Ce sont des produits très rémanents dans le sol : monuron, diuron.
- **Les triazines** : mode d'action complexe, elles sont généralement absorbées par les racines et bloquent la division cellulaire (simazine, atrazine, prométryne, amétryne)
- **Les ammoniums quaternaires** : agissent sur la respiration et la photosynthèse, ce sont des herbicides totaux à action rapide : diquat, paraquat.
- **Les toluidines** : agissent surtout sur la germination en bloquant le développement de la tigelle et des racines : benfluraline.
- **Les dérivés organo-halogénés** : ils agissent sur l'intensification de la respiration. Le dalapon.

ESSAI HERBICIDES SUR ARACHIDE (KATIBOUGOU 1973)

Variété 28-206, cycle 120 jours

TRAITEMENTS	JOUR DU SARCLAGE	EFFICACITE AU 30 JOUR	LEVÉE EN %	RENDEMENT GOUSSES kg/ha
AMETRYNE-PROMETRYNE	44 ième	8,0	89,6	1820
BENFLURALINE	44 ième	4.5	89,1	1790
DINITRAMINE	58 ième	9.5	89,3	1820
T N = SARCLAGE DES NECESSAIRE	21, 44		89,7	1900
T=TEMOIN SARCLE EN MEME	ième			
TEMPS QUE L'HERBICIDE LE PLUS			91,4	1290
EFFICACE	58 ième			

3. Méthodes de lutte d'ordre physiques : il est bien connu qu'avec des adventices comme le striga, l'arrachage avant floraison suivi d'un brulis constitue l'une des méthodes les plus efficaces. Dans bien de cas, la destruction par le feu des parcelles après récolte peut permettre un certain contrôle de nombre d'adventices.

4. Méthodes de lutte d'ordre biologique : cette méthode est très peu développée, cependant, on peut citer le cactobalis qui s'attaque au figuier de barbarie.

◆ **Caractéristiques de préparation et de fabrication :**

La matière active (m.a.) : c'est le constituant d'une préparation auquel on attribue en tout ou partie son efficacité ;

◆ **La charge :** matière solide incorporée à une préparation phytopharmaceutique et destinée à en abaisser la teneur en m.a ;

◆ **L'adjuvant :** substance dépourvue d'activité biologique mais susceptible de modifier les qualités physiques et physico-chimiques et par suite l'efficacité d'une préparation

phytopharmaceutique (mouillant = adjuvant améliore par exemple l'étalement sur une surface traitée, l'adhésif accroît la ténacité de la m.a. sur les surfaces traitées).

◆ **L'émulsionnant** : substance permettant la dispersion d'un liquide dans un autre auquel il n'est pas spontanément miscible.

◆ **Modalités d'application de traitements phytopharmaceutiques :**

◆ **Concentration** : quantité de matière fine ou de préparation contenue dans l'unité de volume ou de masse. Elle peut être exprimée en kg ou litre de bouillie ou kg d'appâts ;

Teneur : pourcentage en masse ou en volume de m.a. contenue dans une préparation,

◆ **Dose** : quantité de m.a. ou de préparation appliquée à l'unité de surface ou de volume de végétation à traiter ;

◆ **Bouillie** : tout mélange liquide prêt à l'emploi ;

◆ **Pulvérisation** : dispersion d'une bouillie à l'état de fines gouttelettes dans l'atmosphère ;

◆ **Fumigation** dispersion d'un produit à l'état de gaz, de fumée ou de brouillard ;

◆ **Nébulisation** : dispersion d'un produit à l'état de brouillard ou de fumée.

d). Principaux insecticides :

◆ **Insecticides d'origine végétale :**

◆ **La nicotine alcaloïde** extrait des feuilles de tabac : $C_{10}H_{14}N_2$;

◆ **La pyrethrine** : extraite d'une plante le pyrèthre ;

◆ **La roténone** : extraite des racines de certaines légumineuses (ex : téphrosia) ;

◆ **Insecticides de synthèses :**

Les organo-halogénés ou organo-chlorés: moins dangereux que les organo-phosphorés, ils n'ont pas de propriétés endotherapiques. Cependant, certains produits tels que l'endrine, le dieldrine, le

toxafène sont assez toxiques. Ils sont plus rémanents que les organo-phosphorés et certains de leurs organites peuvent persister longtemps dans le sol et les tissus végétaux. Ceci entraîne des risques d'accumulation, et la législation en limite souvent l'emploi. On distingue les groupes suivants :

-Groupe DDT et composés voisins : DDD : dichloro-diphenyl-dichloro-éthane ; DDT : dichloro-diphenyl-trichloro-éthane ;

-Groupe HCH et composés voisins : HCH : hexachloro-cyclo-hexane avec des composés α , β , γ , δ ; le lindane l'isomère τ du HCH ;

-Groupe Chlordane et composés voisins : Chlordane, heptachlore, aldrine (traitement du sol), dieldrine ;

-Dérivés de l'essence de térébenthène : endosulfon, toxaphène ;

◆ **Les organo-phosphorés** : dangereux sur le système nerveux

Insecticides externes : malathion, parathion, phosalone...

Insecticides systémiques : vamidothion, endothon, etc.,

◆ **Les carbamates** : exemple le carbaryl :

◆ **Les fumigants** : se présentent sous forme de liquide à basse température émettant des vapeurs toxiques. Il peut s'agir aussi de sublimant (acide cyanhydrique, bromure de méthyl, phosphore d'aluminium).

e). La résistance aux insecticides :

En 1948 on a enregistré 2 cas de résistance aux insecticides concernant la santé publique, et 8 cas en agriculture. En 1969-70, on a noté 100 cas en santé publique et 260 cas en agriculture. Ainsi, le tribolium parasitant les denrées résiste au lindane au Sénégal, en Asie. Il se développe chez de nombreux parasites une adaptation qui tente de réduire l'efficacité aux insecticides.

L'accroissement de la résistance se fait en deux temps chez la mouche domestique. Lente pendant 20 générations, l'accroissement de la résistance est important au cours des 10 générations suivantes. Il faut donc augmenter les doses initiales pour contrôler les attaques, souvent à plus de 200 fois la

dose initiale. La résistance se développe rapidement chez les insectes ayant plusieurs générations annuelles.

5. La lutte intégrée : c'est une méthode combinatoire des méthodes ci-dessus décrites, ayant pour objectif principal le maintien de l'équilibre des composantes environnementales : micro et macro flore, micro et macro faunes, les hommes, les sols, l'érosion, la salubrité des eaux, etc. De plus, elle semble mieux répondre aux problèmes des adaptations des ennemis aux pesticides.

II. METHODES DE LUTTE CONTRE LES CHAMPIGNONS (les fongicides) :

Ce sont des substances destinées à contrôler les attaques des maladies dites cryptogamiques, utilisées surtout pour prévenir les maladies. On distingue :

◆ **Les fongicides cupriques :**

◆ **Les bouillies à base de CuSO_4 :**

- **Bouillie Bordelaise :** solution de CuSO_4 neutralisée par de la chaux (1,5 kg de CuSO_4 puis 1,5 kg de chaux éteinte dans 100 litres d'eau) ;

- **Bouillie Bourguignone :** CuSO_4 neutralisée par Na_2CO_3 ;

- **Bouillie d'Ibadan.** CuSO_4 neutralisée par du carbure de calcium (efficace contre *Cercospora mangifera*)

◆ **Les bouillies cupriques huileuses (oléocuvire)** volume d'application réduit, amélioration de l'adhérence du produit.

◆ Les bouillies mouillables à base d'oxychlorure de Cu ou d'oxyde cuivreux :

Les soufres : ce sont des fongicides spécifiques des rouilles, charbons, etc.

◆ Les carbamates : le bénomyl est un fongicide systémique, utilisée sur les fusariums. On peut citer aussi le métam-sodium (VAPAM), le zirame, le ferbame, le zinèbe, le manèbe

- ◆ Les organo-mercuriques : produits dangereux abandonnés.
- ◆ Les quinones : exemple le phygon est un des rares fongicides à action curative.

Par ailleurs, on tiendra compte du fait que certains insectes présentent une résistance ou au contraire une sensibilité particulière aux pesticides à certains âges donnés. Le mode d'application du produit doit permettre l'action de ce dernier (ex : les borers des tiges de riz ne sont pas touchés par un poudrage). Le choix du pesticide lui-même doit être judicieux et permettre de contrôler l'insecte visé (ex : les termites sont bien contrôlés par des produits à base de HCH, aldrine, Dieldrine ; les crickets sont aussi sensibles à ces produits ainsi qu'au chlordane ; les chenilles de lépidoptères seront plutôt contrôlées par des produits à base de DDT ou des esters phosphoriques).

a). Phytotoxicité des pesticides : l'observation de brûlures ou de nécroses plus ou moins graves sur les feuillages et les jeunes pousses est due soit à une concentration trop élevée du produit, soit à l'emploi de solvants ou d'adjuvants mal adaptés, ou à la sensibilité du végétal. L'application de pesticides à la floraison peut être la cause de coulures importantes par action directe sur la fleur ou l'élimination des insectes pollinisateurs.

b). Danger d'empoisonnement : la dose létale moyenne (D.L.50) est celle qui occasionne 50% de mortalité d'une population normale, et s'exprime en g/kg de poids vif. La D.L.50 des esters phosphoriques est relativement faible : parathion 5-8 ; endrine 10-35. L'utilisation des pesticides nécessite des précautions particulières surtout pour les solutions huileuses ou les émulsions qui traversent l'épiderme et attaquent le système nerveux. Les opérateurs doivent être protégés par des vêtements spéciaux, des lunettes, des gants et souvent des masques. On doit éviter de faire travailler les mêmes hommes toute la journée, de fumer pendant le traitement ; enfin on doit se laver proprement avec du savon après le traitement. Le déplacement de l'opérateur se fera en sens contraire ou perpendiculaire au vent.

c). Termes utilisés en phytopharmacie :

◆ **Généralités** :

-La phytopharmacie : c'est la science qui a pour but d'étudier des substances et des préparations à l'exclusion des engrais et amendements et destinées à l'amélioration de la production végétale et à la protection des produits récoltés;

-La phytiairie : c'est la science qui étudie les états pathologiques des plantes et des moyens d'y remédier pour améliorer la production végétale.

-Les pesticides : sont des substances ou préparations destinées à combattre les ennemis (insectes, nématodes) des cultures et récoltes.

◆ **Mode d'action des produits phytopharmaceutiques :**

◆ **Action par contact :** faculté que possède une substance d'engendrer par pénétration à travers l'épiderme ou la cuticule d'un être vivant, des altérations passagères ou durables d'une ou plusieurs fonctions de cet être vivant ;

◆ **Action par ingestion :** faculté que possède une substance de provoquer des altérations passagères ou durables d'une ou plusieurs fonctions d'un être vivant, après pénétration par le tube digestif ;

◆ **Action par inhalation :** faculté que possède une substance d'engendrer après pénétration par le système respiratoire d'un être vivant, des altérations passagères ou durables d'une ou plusieurs fonctions de cet être vivant.

b). **L'utilisation des nématodes :** on connaît depuis longtemps des nématodes parasites internes d'insectes ; très petits, ces nématodes pullulent dans le corps de l'hôte entraînant sa mort.

c). **L'utilisation des entomopathogènes :** d'un emploi encore plus délicat, les entomopathogènes perturbent le métabolisme de leur hôte et leur provoquent des maladies.

◆ **Les bactéries :** elles sont multipliées industriellement et utilisées dans la lutte. Ex : *Bacillus thuringiensis* utilisé sur riz contre *cosmophylla*.

◆ **Les virus :** en France *smithiavirus* est utilisé contre les chenilles sur pin.

◆ **Les champignons** : produits aux USA, en ex URSS sous forme de poudre de spores et donnent de bons résultats. En Afrique on utilise Beauveria sur les scolytes des grains de caféier.

d). La lutte autocide : dans cette méthode, l'espèce est utilisée dans sa propre destruction. On sait que la population naturelle d'une espèce peut être considérablement réduite parfois jusqu'à extermination totale lorsqu'on applique uniformément et constamment à un degré relativement bas, un facteur de réduction. Le facteur de réduction est l'insecte lui-même, mais préalablement stérilisé. Ainsi, si des mâles stériles sont lâchés dans une population naturelle, ils entrent en compétition avec les mâles fertiles vis à vis des femelles. Il en résulte un certain nombre d'oeufs stériles dont la proportion est fonction du nombre total de mâles stériles lâchés. On peut ainsi réduire considérablement, sinon éliminer totalement certains prédateurs. Les stérilisations d'insectes se font soit avec des substances chimiostérilisantes, soit avec des rayons UV. Ex : sur la pourriture des pastèques causée par Ceratite capitata (mouche des fruits).

On peut utiliser aussi des gènes létaux récessifs.

e). L'utilisation des analogues d'hormones : pherhormones ou phéromones.

Il s'agit de substances inhibant le désir d'accouplement sexuel réduisant les descendance.

4. La lutte chimique : dans le cas des attaques massives et chenilles de cosmophylla/ha la semaine qui les précède.