

REPUBLIQUE DU MALI
CENTRES D'APPRENTISSAGE AGRICOLE

AGRICULTURE
GENERALE



TRAVAIL ET AMENAGEMENT
DES SOLS

PROJET CAA

SECID/USAID

1983

REPUBLIQUE DU MALI
CENTRES D'APPRENTISSAGE AGRICOLE

AGRICULTURE
GENERALE



TRAVAIL ET AMENAGEMENT
DES SOLS

PROJET CAA

SECID/USAID

1983

AVANT PROPOS

La révision du cours de Travail et Aménagement des sols est réalisée avec la collaboration de l'ensemble de l'équipe SECID/USAID et homologues maliens.

Le cours de Travail et Aménagement relève de l'agriculture générale, sa révision est faite dans le but d'améliorer la qualité de l'enseignement dispensé dans les Centres d'Apprentissage Agricole. Il ne répondra pleinement à ce besoin qu'avec les critiques, les suggestions et les remarques des instructeurs, des utilisateurs et tous ceux qui sont impliqués dans le processus de la formation.

Le cours révisé comprend 8 Unités d'instruction. Chacune d'elles est organisée de manière qu'elle facilite l'application de la méthode pédagogique active et l'emploi du matériel audio-visuel. Les schémas contenus dans le manuel peuvent être utilisés pour faire des tableaux ou des diapositives.

Pour utiliser efficacement ce manuel, il faut que l'enseignant :

1. Prépare en avance la présentation de chaque unité ;
2. Réalise dans la mesure de ses moyens les activités didactiques suggérées ;
3. Fasse des contrôles de connaissances à la fin de chaque unité pour s'assurer que les objectifs de celle-ci sont atteints.

Bamako, le 9 Mars 1983

L'Expert chargé des Programmes
(SECID)

Son Hoang NGUYEN

Le Chef de la Section des
Méthodes et Programmes (DNFAR)

Djibril SANGARE

TABLE SOMMAIRE DES MATIERES

TRAVAIL ET AMENAGEMENT DES SOLS

<u>N° de l'unité</u>	<u>Thème traité</u>	<u>Page</u>
1	Le défrichement.....	1.1
2	Les labours et sous-solages.....	2.1
3	Les façons superficielles et travaux d'entretien.....	3.1
4	Elément, de base de l'irrigation.....	4.1
5	Principaux systèmes d'irrigation.....	5.1
6	Détermination des facteurs d'irrigation.....	6.1
7	L'assainissement agricole.....	7.1
8	Assolement, conservation et utilisation optimale de l'eau du sol.	8.1

UNITE 1

LE DÉFRICHEMENT

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

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

- d'expliquer les principes fondamentaux d'un bon défrichement ;
- de présenter les techniques de défrichement ;
- de donner les raisons pour lesquelles il faut interdire les feux de brousse ;
- de proposer les mesures de lutter contre les feux de brousse.

II. QUESTIONS D'ETUDE

1. Qu'est-ce que le défrichement ?
2. Quels principes fondamentaux faut-il observer pour faire un bon défrichement ?
3. Comment effectuer un défrichement ?
4. Pourquoi faut-il interdire les feux de brousse ?
5. Comment lutter contre les feux de brousse ?

III. DISCUSSION

1. Qu'est-ce que le défrichement ?

- Le défrichement est l'opération qui consiste à débarrasser le terrain forestier ou la jachère arbustive,

de tout matériel ligneux qui gêne les opérations culturales.

2. Quels principes fondamentaux faut-il observer pour faire un bon défrichement ?

- a. Bouleversement minimum du sol initial : Le défrichement doit s'opérer en bouleversant le moins possible le sol initial.
- b. Protection contre l'érosion : Le sol ne doit pas demeurer exposé à l'action des facteurs climatiques (surtout vent et pluie) entre le moment du défrichement et la mise en place des plantes et même pendant les premières années de cultures.
- c. Considération pour des plantes à cultiver et des modalités de plantation : Le défrichement doit tenir compte des conditions de croissance des plantes à cultiver (soit à l'ombre, soit en plein soleil), et des modalités de plantation (écartement notamment).
- d. Coût de travaux : Les frais de défrichement doivent être aussi réduits que possible.

3. Comment effectuer un défrichement ?

Tout travail de défrichement doit être procédé d'une prospection soigneuse portant sur la topographie du terrain et sa valeur agricole ; puis on établit un plan de l'exploitation.

- 3.1. Défrichement avec incinération : Il est en principe réalisé en détruisant la végétation par l'incinération contrôlée.

a. Abattage des arbres

- L'abattage se fait par la coupe du sous-bois, puis les arbres.
- Dans le cas de culture mécanisée, il convient de dessoucher correctement pour permettre le passage des instruments aratoires. On constate que les bris de socs grèvent lourdement les frais de la préparation des terres nouvellement mise en culture.
- Le dessouchage direct est le plus avantageux car on bénéficie du poids de l'arbre comme levier pour entraîner sa chute.
- Il est inutile de couper l'arbre en ras du sol avant d'entreprendre le dessouchage.

b. Mise en stère

- La végétation abattue est mise en stère, si la vente du bois de chauffage est possible.

c. Séchage et incinération des déchets végétaux

- La végétation ou les déchets végétaux coupés sont laissés ressuyer et sécher.
- Lorsque la masse végétale paraît suffisamment sèche on y met le feu, en s'assurant que le feu ne risque pas de gagner les parcelles voisines.

d. Répartition et enfouissement des cendres

- Les cendres doivent être uniformément réparties pour éviter leurs concentrations exagérées dans certaines parties du champ.
- Les cendres sont incorporées au sol par labour dès que possible.

e. Aplanissement et nivellement

- Après le défrichement, le terrain sera nivelé (remblayage des trous).
- Dans certain cas (irrigation), il est nécessaire d'opérer un aplanissement du sol.

3.2. Défrichement sans incinération

- La méthode est analogue à celle de défrichement avec incinération, mais on ne brûle pas la végétation abattue. Elle est entassée dans les interlignes où elle se décomposera progressivement.

4. Pourquoi faut-il interdire les feux de brousse ?

a. Le feu détruit la végétation

- Les herbes, les arbres, les cultures sont détruits inutilement, en privant le bois de chauffage et de construction pour l'homme, le fourrage pour les animaux.

b. Le feu détruit la matière organique du sol

- Le feu brûle les débris végétaux recouvrant le sol en réduisant ainsi les activités microbiennes et la formation de l'humus du sol.
- Il en résulte la réduction des réserves minérales, surtout azotées et la dégradation de la structure du sol.

c. Le feu dénude le sol

- Après le feu, le sol devient dénudé, il n'est plus protégé ; à ce moment, il subit directement les actions nuisibles du climat (soleil, vent et pluie).



- Le soleil chauffe le sol jusqu'à le fendiller.
- L'eau contenue dans le sol diminue à cause de l'évaporation. Le sol se dessèche très rapidement.
- La quantité d'humus dans le sol est réduite.
- Le sol nu est donc sensible à l'érosion éolienne (vent) et pluviale (eau).

d. Le feu détruit les récoltes

- En pleine saison sèche, le feu de brousse peut parcourir de grandes distances jusqu'à atteindre des villages. Il détruit des greniers, des poulaillers, des étables, des cases et même des villages entiers.

5. Comment lutter contre les feux de brousse ?

5.1. Prévention du feu

- Informer les utilisateurs de la terre (fermiers, éleveurs, chasseurs) des effets nuisibles, des feux incontrôlés.
- Construire des pare-feux.

5.2. Extinction du feu

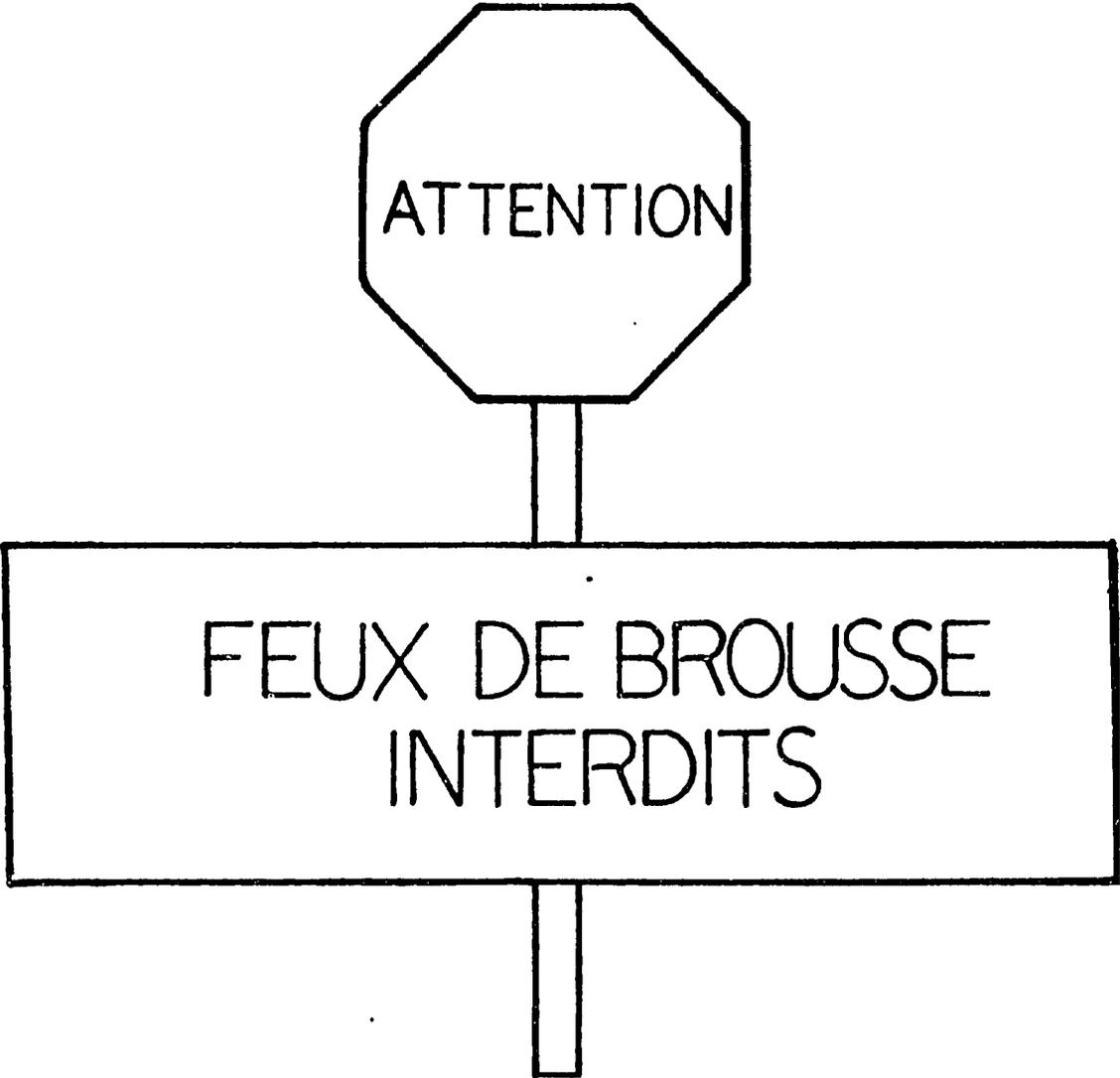
- Lutter contre le feu aux barrières naturelles ou aux pare-feux où il ralentit.
- Trainer un pulvérisateur léger avec un tracteur ou des boeufs et abattre les herbes à terre devant le feu là où il peut être contrôlé, si le temps est calme et si l'incendie ne progresse pas trop vite.
- Battre les flammes avec un objet quelconque (branches feuillues, morceaux de peau, sac d'emballage, etc...).

IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Demander aux élèves s'ils n'ont jamais assisté à un défrichement. Leur faire indiquer le but du défrichement et raconter ce qu'ils ont vu ou fait. Discuter comment faire un bon défrichement.
2. Faire une excursion au voisinage du centre où il y a des champs défrichés pour que les élèves puissent voir comment le terrain était défriché et les effets du défrichement sur l'état du sol et de la végétation naturelle.
3. Former deux groupes d'élèves : l'un favorise l'emploi des feux de brousse pour la préparation des terrains, l'autre est contre les feux de brousse. Diriger le débat entre deux groupes vers la défense des feux de brousse.

V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Angladette (A) et Deschamps (L) - Problèmes et perspectives de l'agriculture dans les pays tropicaux G.P. Maisonneuve et Larose, Paris, 1974.
2. Gaudy (M) - Manuel d'agriculture tropicale. Maison Rustique, Paris ; deuxième édition, 1965.



UNITE . 2

LES LABOURS ET SOUS-SOLAGES

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

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

- de donner la définition du labour ;
- d'expliquer les buts du labour ;
- de définir les termes importants concernant le labour : guéret, labour, muraille, jauge, raie, enrayure, dérayure, fourrière ;
- de classer les labours selon la profondeur ;
- d'identifier les facteurs en fonction desquels varie la profondeur du labour ;
- de distinguer et pratiquer les différentes formes de labours ;
- de connaître l'époque favorable au labour ;
- de distinguer le sous-solage du labour et de décrire comment le faire.

II. QUESTIONS D'ETUDE

1. Qu'est-ce que le labour ?
2. Quels sont les buts du labour ?
3. Définir les termes importants concernant le labour : guéret, labour, muraille, jauge, raie, enrayure, fourrière.

4. Comment peut-on classer les labours selon la profondeur ?
5. En fonction de quels facteurs varie la profondeur du labour ?
6. Comment effectue-t-on un labour à plat ? Un labour en planches ? Un labour tournant ou à la Felleberg ?
7. Quand faut-il labourer la terre ?
8. Qu'est-ce que le sous-solage ? Est-il un labour ? Comment est-il effectué ?

III. DISCUSSION

1. Qu'est-ce que le labour ?

- Le labour est une façon culturale qui consiste en un retournement plus ou moins complet de la couche superficielle du sol.
- Le retournement est effectué par la charrue, soit à versoir, soit à disques.
- Le soc ou les disques découpent une bande de terre, qui est retournée par glissement sur le versoir ou sur la concavité du disque.

2. Quels sont les buts du labour ?

Le labour a pour buts :

- d'améliorer la structure et l'aération du sol ;
- de favoriser la pénétration des racines ;
- de faciliter l'infiltration des eaux ;
- d'augmenter le potentiel de rétention en eau du sol ;
- d'enfouir les résidus végétaux, les amendements

(fumier, chaux), les engrais minéraux et parfois les semences ;

- de détruire les mauvaises herbes et de lutter contre les parasites animaux sous terre (larves) ;
- d'augmenter l'activité microbienne, conséquence de la perméabilité à l'air et à l'eau.

3. Définir les termes importants concernant le labour

- Guéret : surface non encore labourée
- Labour : surface déjà labourée
- Muraille : paroi verticale découpée par le soc
- Jauge ou Raie : surface horizontale se trouvant entre le labour et le guéret.
- Enrayure : premier sillon tracé par la charrue
- Dérayure : dernier sillon ou sillon qui sépare deux planches de labour.
- Fourrière : extrémité du champ non labouré au début, servant à tourner pour les attelages.

4. Comment peut-on distinguer les labours par la profondeur ?

<u>Profondeur</u>	<u>Labour</u>
a. Inférieure à 15 cm	- léger ou superficiel
b. 15 à 25 cm	- moyen
c. 25 à 35 cm	- profond
d. 35 à 80 cm	- de défoncement

5. En fonction de quels facteurs varie la profondeur du labour ?
- a. Le but recherché :
 - Pour enfouir des chaumes (déchaumage) ou des engrais, un labour superficiel suffit.
 - b. L'enracinement de la plante
 - Le labour moyen convient pour la plupart des plantes vivrières cultivées annuelles.
 - Pour les plantes pérennes ou pluriannuelles dont l'enracinement est profond on travaille le sol plus intensément.
 - c. La nature du sol
 - Labour superficiel est suffisant dans la plupart des sols légers (sableux).
 - Labour profond est appliqué pour la mise en culture des terrains neufs ou de plantations.
6. Comment effectue-t-on un labour à plat ? Un labour en planches ? Un labour en tournant ou à la Felleberg ?
- a. Labour à plat
 - Toutes les bandes de terre sont versées, par rapport au champ, toujours du même côté.
 - Pour accomplir ce travail, il faut une charrue à versoirs réversibles (double-brabant ou charrue à balanciers).
 - Le labour obtenu ne comporte qu'une enrayure, une dérayure et aucun ados.

b. Labour en planches

- Le champ est divisé en planches qui sont labourées les unes après les autres. Les planches sont séparées par des dérayures.
- La charrue verse la terre toujours du même côté (à droite ou à gauche) par rapport à la direction de l'avancement. Le sens de retournement de la terre change donc à chaque demi-tour effectué en bout de raie.
- En adossant : Si on commence à faire un aller et retour au centre de la planche, c'est à dire lorsque les deux premières raies sont adossées l'une contre l'autre.
- En refendant : Si on commence à labourer par les deux côtés de la planche, en se rapprochant vers le centre et en rejetant la terre vers l'extérieur. Les deux dernières raies laissent un sillon central appelé dérayure.
- En billon : Si les planches réalisées sont très étroites, chacune d'elles constituant un billon.

c. Labour en tournant ou à la Fellemborg

- Le labour tourne autour du champ, en commençant par un des côtés, ou par le centre.
- C'est la seule méthode qui permet d'obtenir un labour comparable à un labour à plat, en utilisant une charrue pour labour en planches.

7. Quand faut-il labourer la terre ?

- Les terres légères (sableuses) peuvent être labourées à tout moment. Les terres argileuses ne peuvent être

travaillées lorsqu'elles sont trop sèches ou trop humides.

- Pratiquement, pour qu'un sol puisse être labouré, il faut avoir une humidité suffisante. Il faut, après la saison sèche, au moins 50 mm de pluie pour réaliser le labour.
- Les labours effectués trop tôt, en terre insuffisamment humide, laissant de grosses mottes difficiles à briser, surtout dans les sols argileux ou argilo-silicieux.
- En zone tropicale sèche, la préparation du sol en sec, c'est-à-dire avant l'hivernage (début de cycle) serait souhaitable pour rendre le sol plus apte à recevoir et à retenir les premières pluies.
- De même, en profitant des dernières pluies de la saison d'hivernage, on effectuera alors un premier labour dit l'automne (labour de fin de cycle) qui permettra au sol de se "rasseoir" avant la mise en culture de l'année suivante.

8. Qu'est-ce que le sous-solage ? Est-il un labour ?
Comment est-il effectué ?

8.1. Qu'est-ce que le sous-solage ? Est-il un labour ?

- Le sous-solage est une opération qui consiste à n'attaquer le sol qu'en profondeur (0,60 m) à l'aide de sous-soleuses.
- Il a pour but de briser les couches profondes du sol qui sont trop compactes ou trop dures pour permettre la pénétration des racines ou de l'eau.

- Il ne doit pas être confondu avec le labour car il ameublir le sous-sol en faisant éclater la terre en mottes, sans le retourner.

8.2. Comment est-il effectué ?

- La terre doit être assez sèche, sinon la lame sous-soleuse ne la fait pas éclater ; elle creuse une rigole en profondeur.
- La sous-soleuse travaille entre 35 et 80 cm de profondeur.
- Cette opération, qui exige une force de traction considérable ce qui suppose une motorisation, est souvent contestée quant à ses effets bénéfiques. Elle n'est recommandable que lorsqu'elle peut briser une roche tendre ou une couche imperméable, obstacle à la pénétration de l'eau, de l'air et des racines.

IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Il faut que cette matière soit enseignée sur le terrain où les élèves puissent observer et pratiquer les labours. Il sera souhaitable que l'enseignant de machinisme agricole puisse être invité à cette séance.
2. Commencer l'enseignement par tracer quelques sillons. Faire observer les actions des pièces travaillantes de la charrue (soc, versoir, coutre...) et le retournement des bandes de terre.
3. Après les observations, demander aux élèves de donner la définition du labour et d'expliquer les buts du labour.

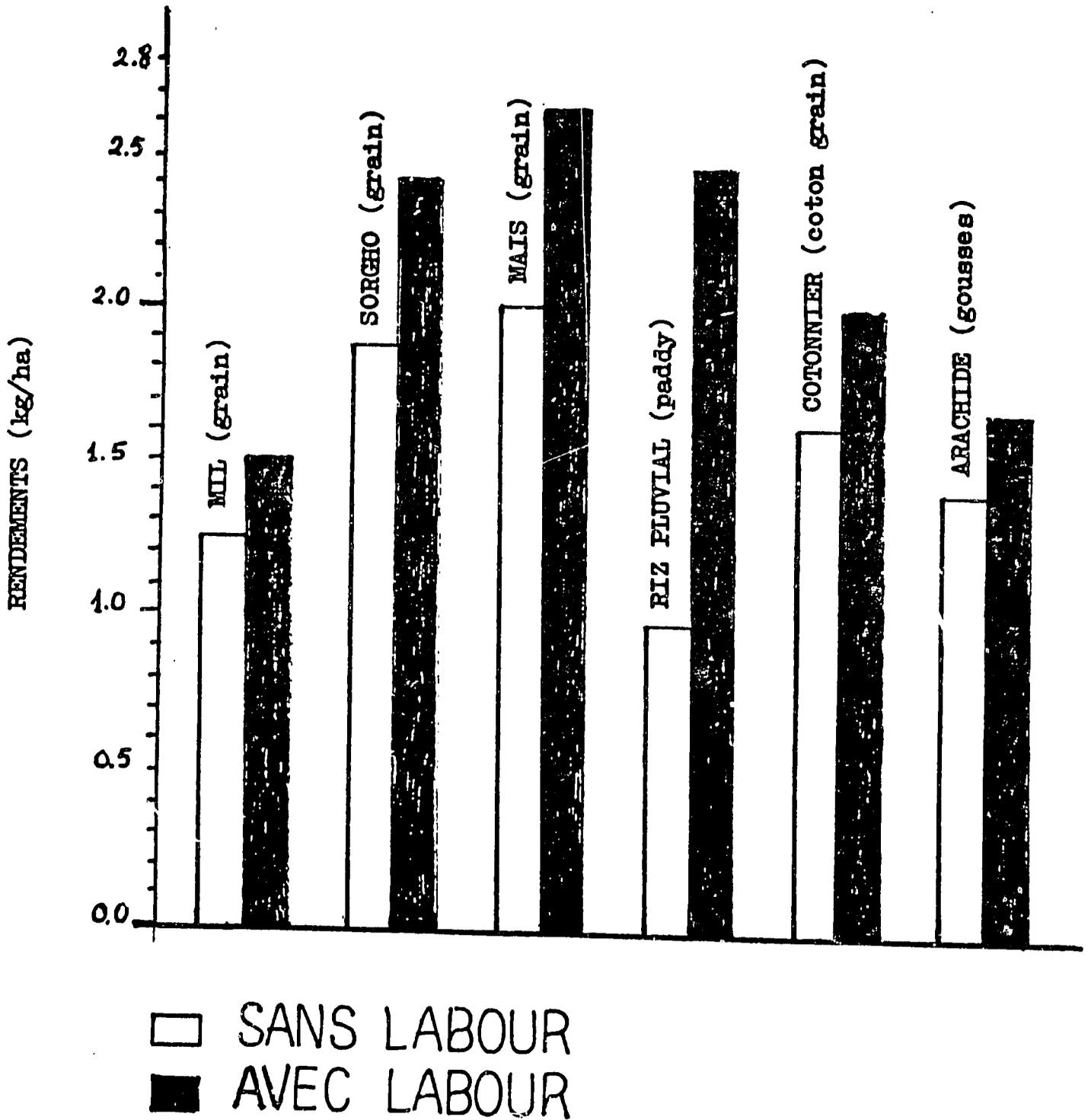
4. Montrer aux élèves ceux qui sont appelés : guéret, labour, muraille, jauge, raie, enrayure, dérayure, fourrière.
5. Tracer des sillons de différentes profondeurs en réglant la charrue. Mesurer la profondeur et discuter les facteurs qu'on doit considérer pour la détermination de la profondeur du labour.
6. Démontrer comment faire un labour à plat, un labour en planches et un labour en tournant ou à la Felleberg. Laisser les élèves pratiquer chaque méthode.
7. Tracer des sillons sur un terrain sec, sur un terrain relativement humide et sur un terrain très humide. Observer l'état physique du sol labouré et discuter le degré de l'humidité idéale pour le labour. Si possible, effectuer les labours sur les sols de textures différentes pour faire des comparaisons.
8. Creuser une tranchée de profondeur suffisante (50 - 60 cm). Discuter les caractéristiques d'un sous-solage et les techniques du sous-solage.

V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. B.I.T. - Travail, aménagement et utilisation des sols - DNFAR, Bamako, 1972.
2. C.E.E.M.A.T. - Manuel de culture avec traction animale - Ministère de la Coopération, Paris ; 1975.
3. Duthil (J) - Eléments d'écologie et d'agronomie (Tome II) J.B. Baillièrre, Paris ; 1973.

4. Gaudy (M) - Manuel d'agriculture tropicale - Maison
Rustique, Paris ; deuxième édition, 1965.

EFFETS MOYENS DES LABOURS SUR LES RENDEMENTS DES CULTURES



Source : L'Agronomie Tropicale, N° 9, 1971 (p. 971)

21

EFFETS MOYENS DES LABOURS SUR LES
RENDEMENTS DES CULTURES DANS LA
ZONE TROPICALE SECHE DE L'OUEST AFRICAIN

CULTURES	RENDEMENTS TEMOINS (kg/ha)	PLUS VALUES SUR LABOUR	
		kg/ha	(%)
MIL (GRAIN)	1 245	+ 256	+ 21
SORGHO (GRAIN)	1 874	+ 536	+ 29
MAIS (GRAIN)	2 093	+ 568	+ 27
RIZ PLUVIAL (PADDY)	966	+ 1 515	+ 157
COTONNIER (GRAIN)	1 629	+ 433	+ 27
ARACHIDE (GOUSSES)	1 412	+ 274	+ 19

* ESSAIS DE L'IRAT, SOLS A DOMINANTE SABLEUSE

Source : L'Agronomie Tropicale : N° 9-71 (p. 971)

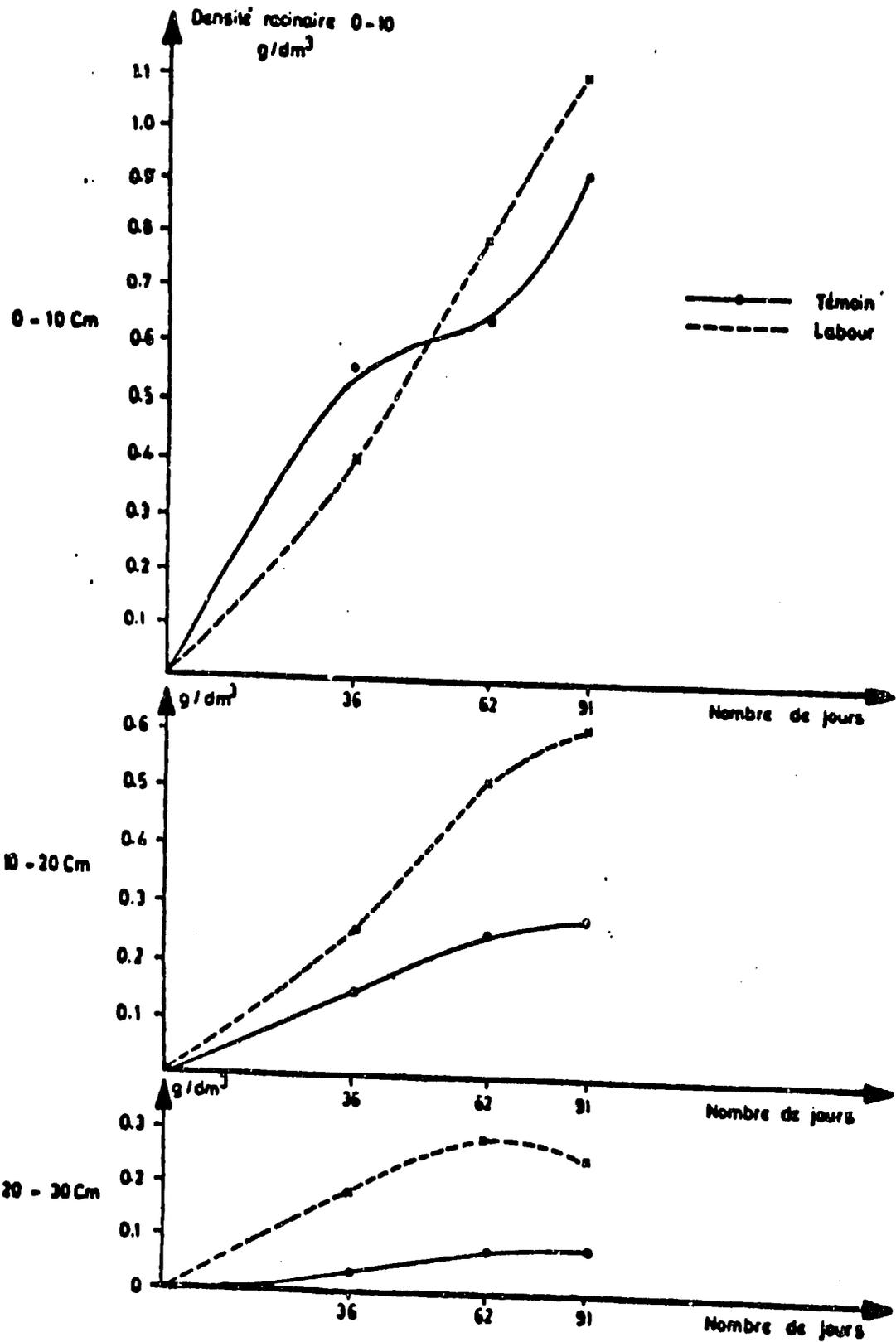
INFLUENCE DE LA PROFONDEUR DE LABOUR SUR LES
RENDEMENTS DU SORGHO

TRAITEMENTS	PROFONDEUR DE TRAVAIL (cm)	RENDEMENT (kg/ha)	
		GRAINS	PAILLES
LABOUR TRACTEUR FIN D'HIVERNAGE	21	2.319	8.786
LABOUR TRACTEUR DEBUT D'HIVERNAGE	21	2.491	9.384
LABOUR BOEUPS DEBUT D'HIVERNAGE	15	2.364	8.243
LABOUR ANES DEBUT D'HIVERNAGE	9	2.129	7.953
SCARIFIAGE A LA HOUE MANGA	Superficiel	2.130	6.286
PREPARATION TRADITIONNELLE A LA DABA	Superficiel	1.764	6.014

Source : L'Agronomie Tropicale : N° 11-71 (p. 1186)

INFLUENCE DU LABOUR SUR LA DENSITE

RACINAIRE DANS LES DIFFERENTS HORIZONS (RIZ PLUVIAL)

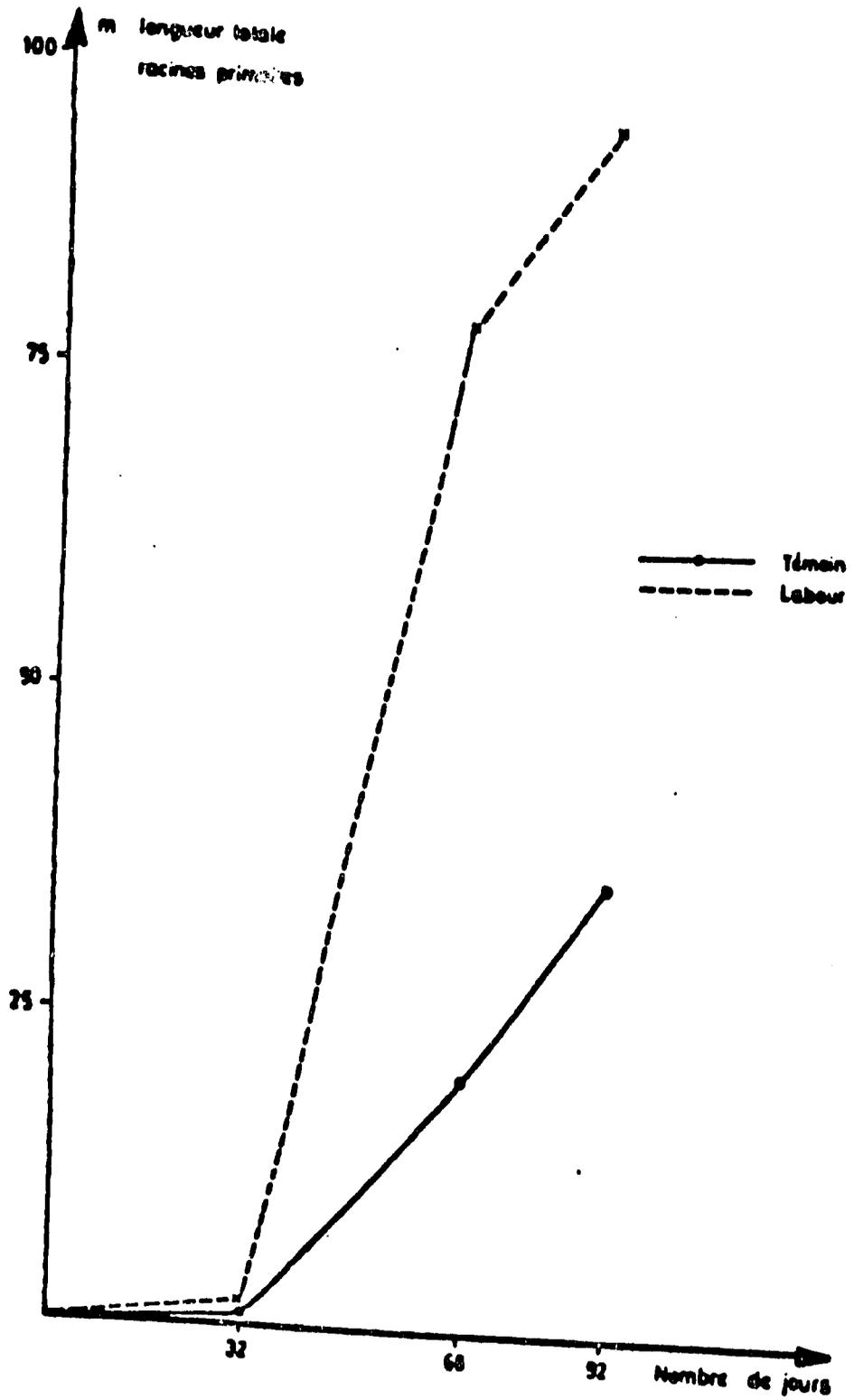


* Extrait de l'Agronomie Tropicale XXXI-1 - Janvier - Mars
1976.

2.4

LONGUEUR TOTALE DES RACINES PRIMAIRES

DU RIZ PLUVIAL

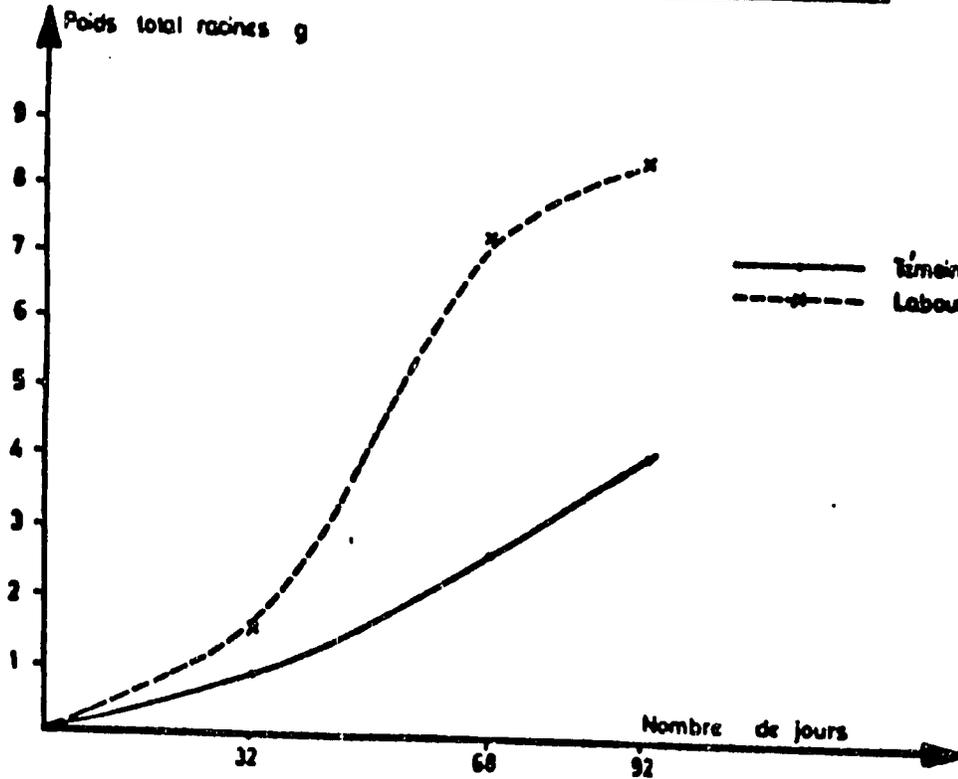


* Extrait de l'Agronomie Tropicale XXXI - 1-Janvier-Mars 1976

75

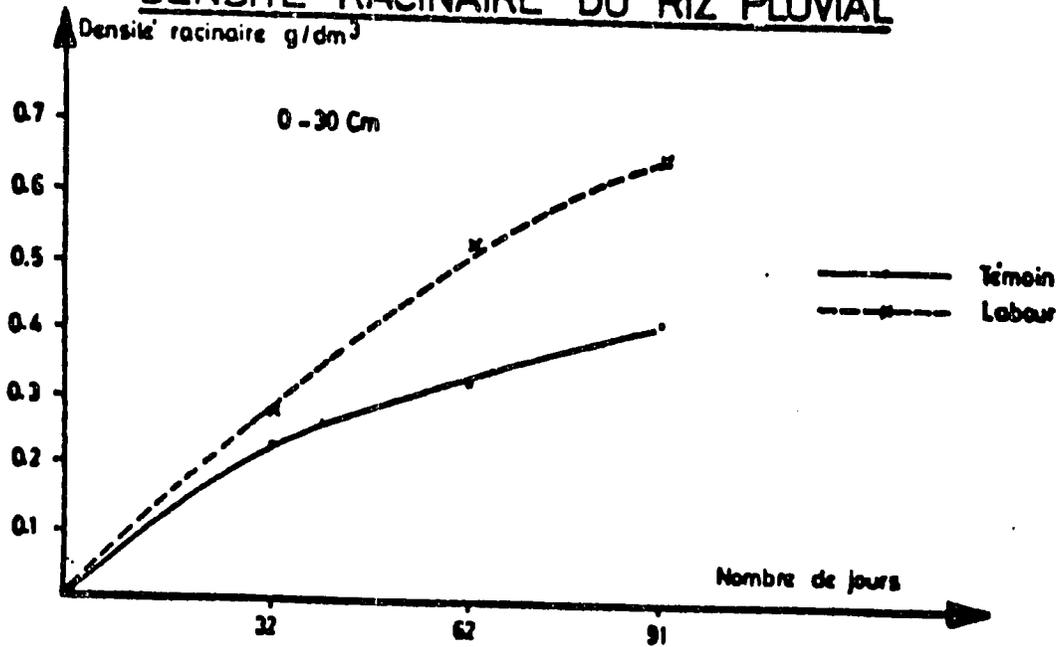
INFLUENCE DU LABOUR SUR LE POIDS

TOTAL DE RACINES DU RIZ PLUVIAL



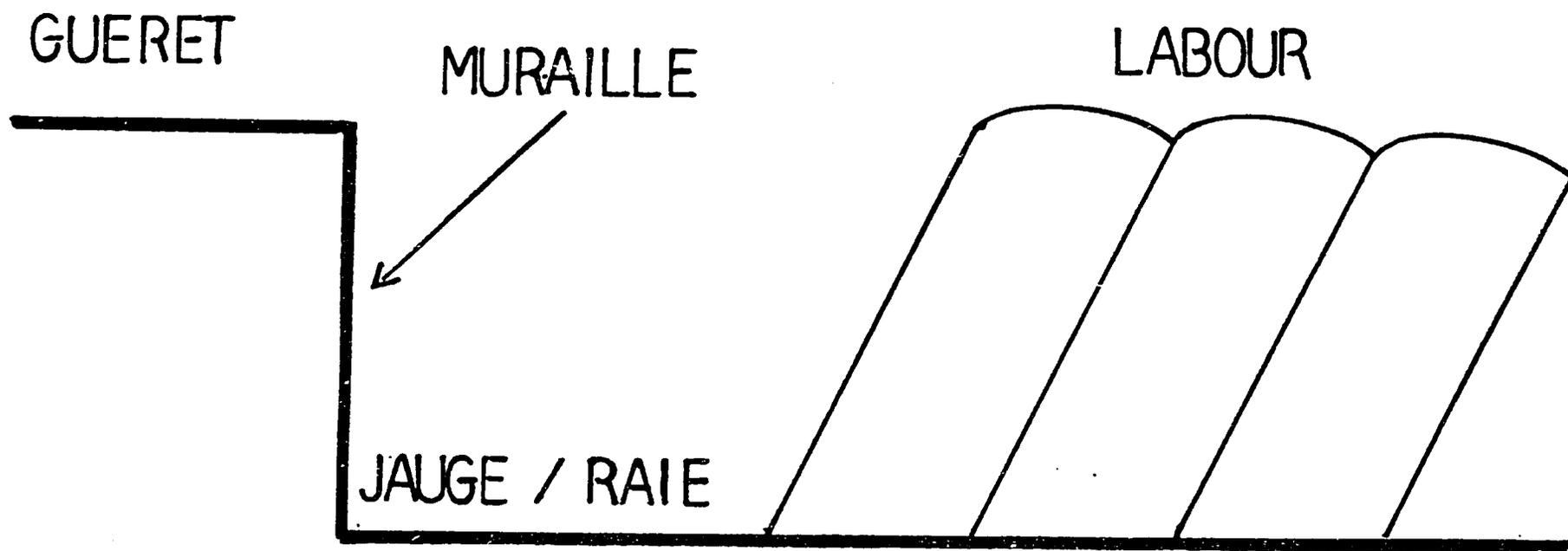
INFLUENCE DU LABOUR SUR LA

DENSITE RACINAIRE DU RIZ PLUVIAL



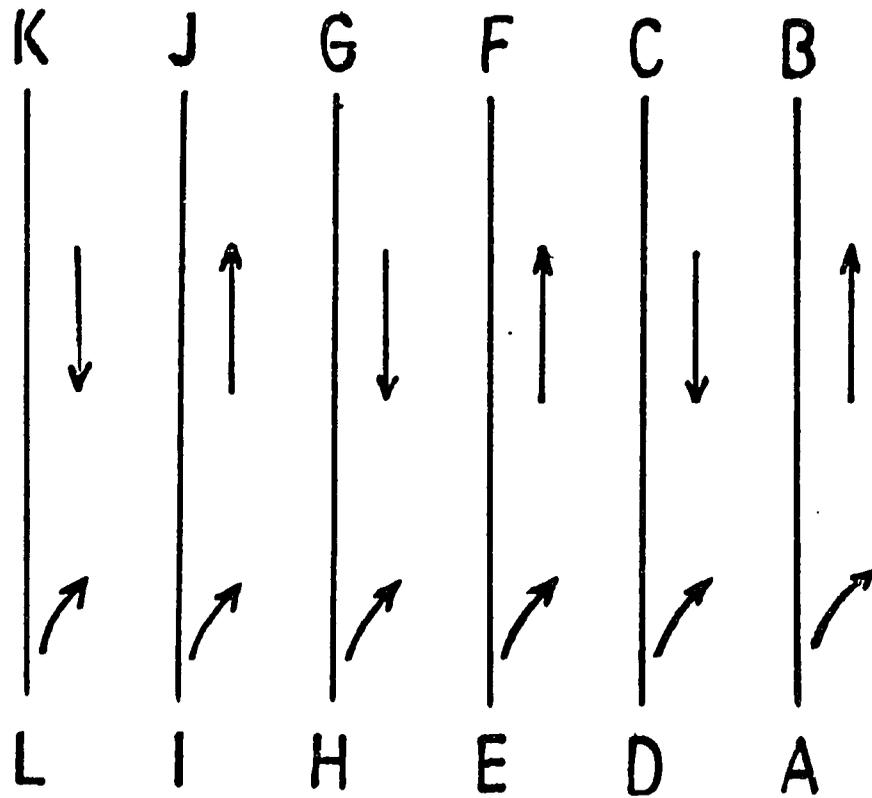
* Extrait de l'Agronomie Tropicale XXXI - 1-Janvier-Mars 1976

DESCRIPTION DU LABOUR

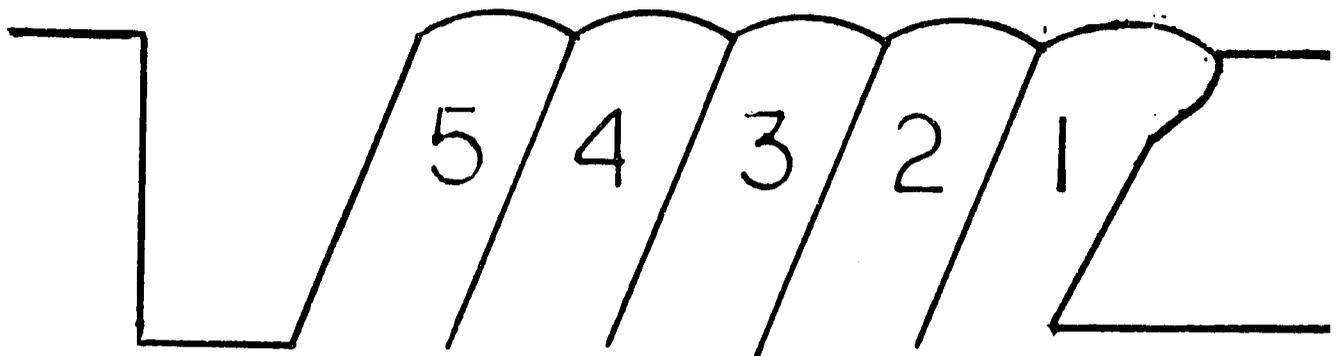


27

LABOUR A PLAT



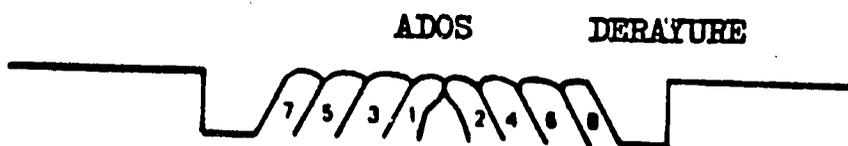
DERAYURE



LABOUR EN PLANCHES



EN PLANCHES



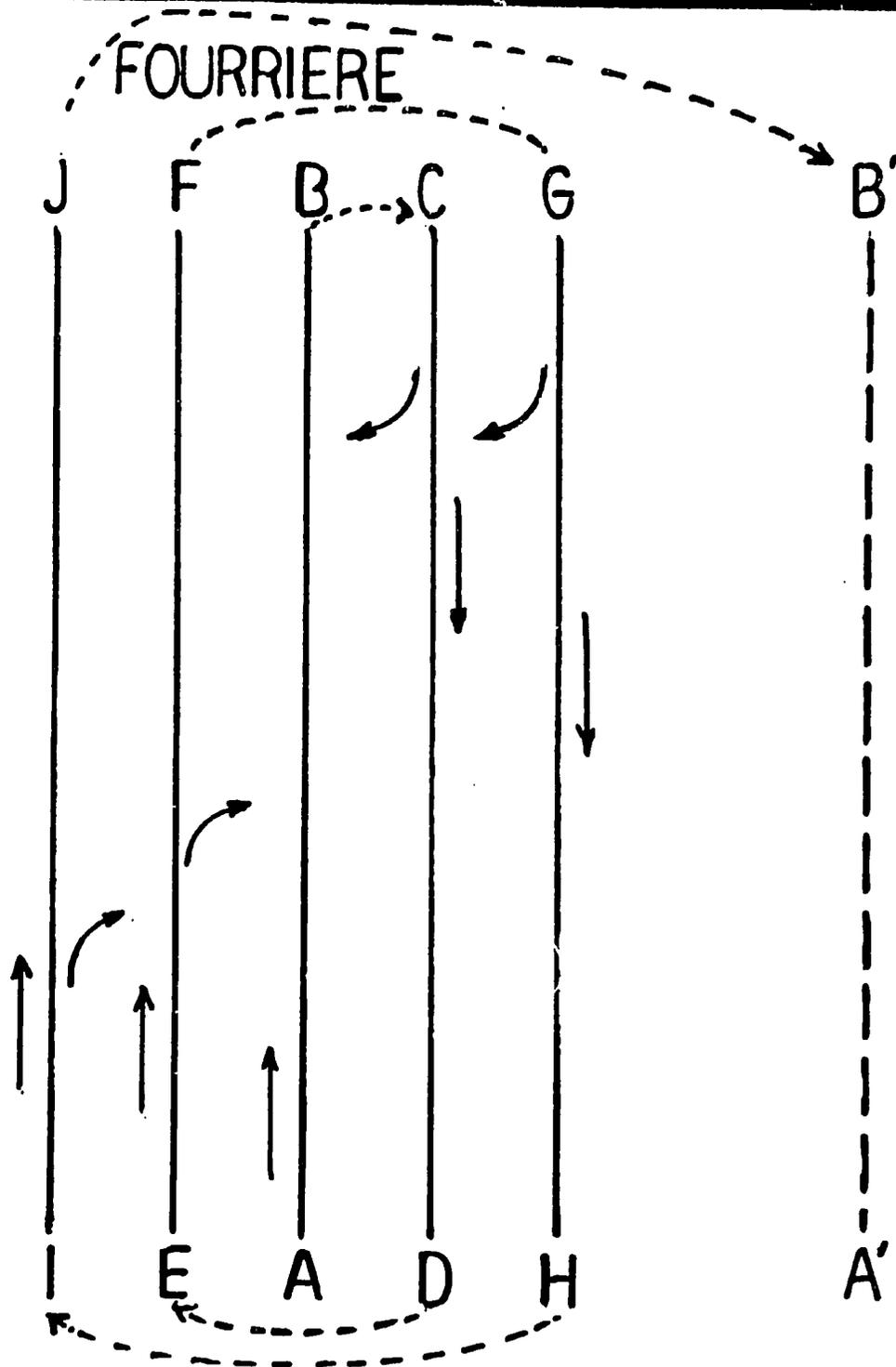
EN ADOSSANT



EN REFENDANT

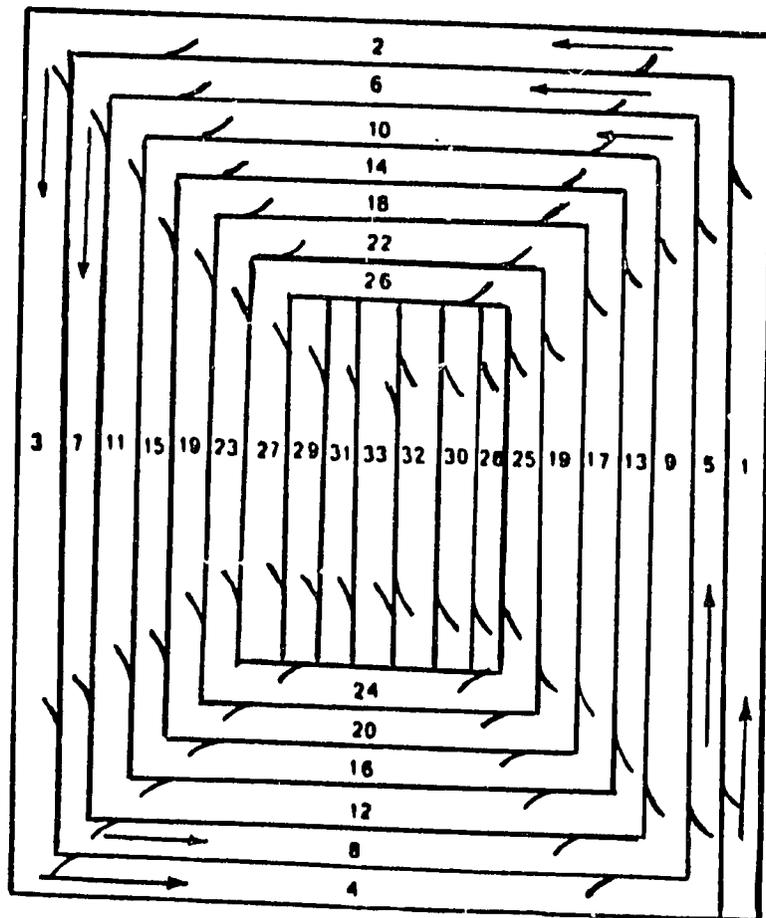
LABOUR EN BILLONS EN ADOSSANT

LIMITE DU CHAMP



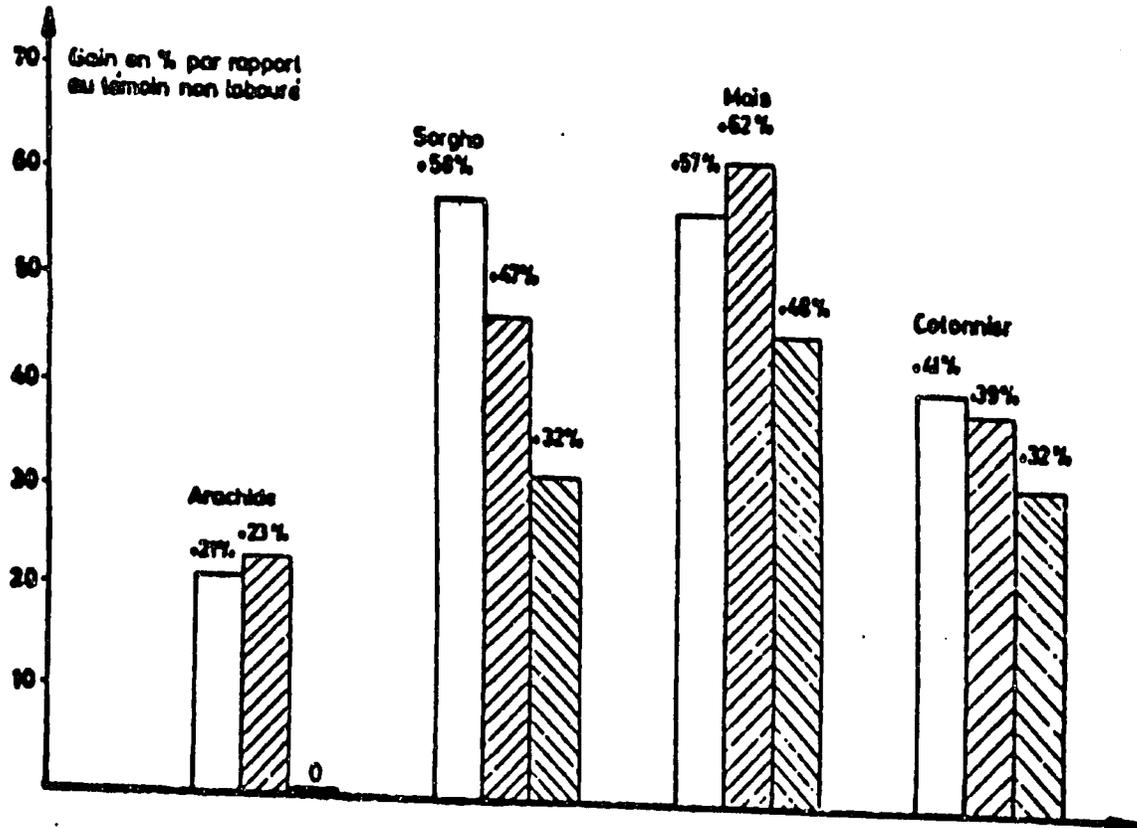
27

LABOUR EN TOURNANT OU A LA FELLEMBERG



* Extrait du Mémento de l'Agronome - Ministère de la
Coopération, Paris ; 1980.

INFLUENCES CONJUGÉES DE L'ÉPOQUE DE RÉALISATION
DES LABOURS DE PRÉPARATION ET DES DATES DE SEMIS
SUR LES RENDEMENTS DES CULTURES.



LABOUR DE FIN DE CYCLE ; SEMIS PRÉCOCE



LABOUR DE DÉBUT D'HIVERNAGE ; SEMIS PRÉCOCE



LABOUR DE DÉBUT D'HIVERNAGE ; SEMIS RETARDÉ

Source : L'Agronomie Tropicale : N° 11-71 (p. 1190)

UNITE . 3

LES FACONS SUPERFICIELLES ET TRAVAUX D'ENTRETIEN

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

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

- d'identifier des façons superficielles et des travaux d'entretien ;
- d'apprécier leurs avantages et inconvénients ;
- de les pratiquer.

II. QUESTIONS D'ETUDE

1. Qu'est-ce qu'une façon superficielle ?
2. Comment le pseudo-labour est-il distingué du labour ?
3. Quels sont les buts du hersage ? Comment s'effectue-t-il ?
4. A quoi sert le roulage ? Pourquoi faut-il l'effectuer avec précaution ?
5. Qu'est-ce qu'un rotavator ? Quels sont ses avantages et ses inconvénients ?
6. Quels sont les buts des travaux d'entretien : le sarclage, le binage et le buttage ? Comment sont-ils exécutés ?

III. DISCUSSION

1. Qu'est-ce qu'une façon superficielle ?

- Une façon superficielle est un travail du sol dont la profondeur est de 5 à 15 cm.
- Les façons superficielles les plus pratiquées sont : les pseudo-labours, les hersages, les pulvérisages, les roulages et les rotavators.

2. Comment le pseudo-labour est-il distingué du labour ?

- Les pseudo-labours correspondent à des travaux effectués à une profondeur inférieure ou égale à celle des labours, sans qu'il y ait retournement du sol.
- Ils sont effectués par les cultivateurs, hersees, extirpateurs et scarificateurs.
- Ils ont comme rôle essentiel de compléter l'action de labour (ameublissement, destruction des adventices et parfois de remplacer le labour) et d'amener le sol à l'état nécessaire à la bonne croissance de la plante.
- Ils apportent aussi des suppléments de rendement non négligeables sur toutes les cultures. Leurs effets sont généralement inférieurs à ceux des labours, mais ils peuvent constituer, pour le paysan, de bonnes solutions de remplacement.
- Ils présentent l'avantage de pouvoir être effectués en sec, c'est-à-dire hors de la campagne agricole. En humide, leur réalisation demande beaucoup moins de temps que pour un labour et perturbe moins le programme de travail de l'exploitation.

3. Quels sont les buts du hersage ? Comment s'effectue-t-il ?

- Le hersage a pour but
 - . de préparer le lit de semis en émiettant et en nettoyant la terre en surface ;
 - . d'enfouir les engrais minéraux ou les graines semées à la volée.

- Le hersage est effectué par les hersees qui sont des instruments travaillant à faible profondeur, à l'aide de dents simples, ne portant pas de socs.

- Le hersage est généralement exécuté perpendiculairement au labour. On procède souvent à un hersage croisé à l'aide de la herse articulée qui en émiettant les mottes permet également d'extraire du champ racines et débris végétaux grossiers.

- 4. A quoi sert le roulage ? Pourquoi faut-il l'effectuer avec précaution ?
 - Le roulage écrase les mottes afin d'obtenir un sol rassis en empêchant la discontinuité du contact des particules de terre entre elles. Cela assure la circulation de l'eau.
 - Le roulage est une opération délicate car si le sol est trop humide, la couche superficielle devient compacte, nuisant à la croissance des plantes.
 - Dans les conditions générales de culture au Mali, le roulage est une opération souvent inutile et parfois nuisible.

- 5. Qu'est-ce qu'un rotavator ? Quels sont ses avantages et ses inconvénients ?
 - Le rotavator est un appareil constitué de pièces

travaillantes rotatives qui tournent à grande vitesse, et découpent le sol en petits blocs.

- L'opération du rotavator remplace théoriquement labour et façons superficielles, la terre étant rapidement préparée en une seule fois.
- Le travail est superficiel et comme les mottes sont de dimensions réduites, la structure du sol est altérée. C'est pourquoi, cette opération ne doit pas se répéter souvent sur un même terrain.

6. Quels sont les buts des travaux d'entretien : le sarclage, le binage et le buttage ? Comment sont-ils exécutés ?

6.1. Le sarclage

- Le sarclage a pour but d'enlever les mauvaises herbes.
- Le sarclage est exécuté souvent à la main, mais également à l'aide de pièces travaillantes, en ayant soin de ne pas ébranler les racines des plantes cultivées. Il faut donc que le sol ne soit pas trop sec ; dans les jardins on l'exécute après un arrosage ; dans les rizières il y a souvent un peu d'eau au moment du sarclage. Le cultivateur l'exécute même parfois sous une lame d'eau assez profonde (cas de rizière).
- Comme le sarclage manuel est une opération lente, on ne le fait que sur de petites surfaces dans les semis à la volée, jardin potager par exemple, et parfois dans les rizières.

6.2. Le binage

- Le binage consiste à remuer le sol en surface dans le but :
 - . d'éviter la perte de l'eau par évaporation ;
 - . de faciliter la pénétration des eaux de pluie (éviter l'érosion par ruissellement) ;
 - . de détruire les mauvaises herbes.
- Le binage doit être réalisé à un moment favorable, c'est-à-dire après une pluie et sur un sol ressuyé.
- Un binage tardif, effectué après les dernières pluies, conserve au sol une certaine humidité qui permet aux plantes d'achever sans trop de peine leur cycle végétatif.
- Le binage est effectué avec la houe à main ou la houe attelée. L'essentiel dans cette opération est de briser la croûte du sol aussi profondément que le permet l'importance de l'outil employé. Il ne faut pas en effet se contenter de couper l'herbe.

6.3. Le buttage

- Le buttage consiste à ramener la terre au pied de plantes pour recouvrir une partie inférieure de la tige.
- Le buttage a pour but :
 - . d'augmenter le volume de terre fertile exploitable par les racines, en amenant de la terre humifère au voisinage de la plante ;

- surtout utile dans les sols peu profonds ;
- de favoriser l'émission de racines adventives sur la tige et d'augmenter la résistance des plantes au vent (maïs, sorgho) ;
 - de stimuler la tubérisation (manioc, igname et la formation des gousses (arachide) ;
 - d'ameublir la couche superficielle du sol (aération) ;
 - de détruire les mauvaises herbes ;
 - de permettre l'assainissement des sols trop humides ou à nappe phréatique superficielle.
- Le buttage peut être fait à la main ou avec une petite charrue. Ce dernier procédé est rapide mais il exige des animaux très bien dressés.
- Le travail effectué avant que les plantes soient trop développées est de très bonne qualité ; fait trop tard, le buttage à la charrue risque d'endommager beaucoup des plantes.

IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Montrer aux élèves les outils ou instruments disponibles au centre qu'on emploie pour les façons superficielles.
2. Si possible, permettre aux élèves de pratiquer le pseudo-labour, le hersage. Faire noter les effets des façons superficielles sur l'état physique et l'humidité du sol. Discuter les rôles de celles-ci dans la préparation du sol.
3. Démontrer comment on doit faire le sarclage, le binage et

le buttage sur le champ de démonstration ou de la ferme.
Discuter les effets bénéfiques de ces opérations.
Permettre aux élèves de faire des travaux pratiques.

V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. B.I.T. - Travail, aménagement et utilisation des sols -
DNFAR, Bamako, 1972.
2. C.E.E.M.A.T. - Manuel de culture avec traction animale -
Ministère de Coopération, Paris, 1975.
3. Gaudy (M.) - Manuel d'Agriculture Tropicale - Maison
Rustique, Paris ; deuxième édition, 1965.

UNITE 4

ELEMENTS DE BASE DE L'IRRIGATION

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

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

- d'apprécier l'importance de l'irrigation dans l'agriculture ;
- de connaître les principales causes du manque d'eau ;
- de décrire les éléments de base à prendre en considération pour un projet d'irrigation ;
- d'analyser les éléments de base pour déterminer la factibilité économique de l'irrigation.

II. QUESTIONS D'ETUDE

1. Pourquoi l'irrigation est-elle nécessaire ?
2. Quelles sont les principales causes du manque d'eau ?
3. Quels sont les éléments de base dont-il faut tenir compte dans un projet d'irrigation ?
4. Pourquoi doit-on étudier le climat ?
5. Comment la topographie peut-elle influencer le système d'irrigation ?
6. Quelles sont les propriétés importantes du sol qui conviennent pour l'irrigation ?

7. En ce qui concerne de l'eau d'irrigation, de quels facteurs doit-on se préoccuper ?
8. Comment le mode d'irrigation est-il influencé par les cultures ?
9. Pourquoi le drainage doit-il être envisagé ?
10. L'irrigation est-elle toujours conseillée ?

III. DISCUSSION

1. Pourquoi l'irrigation est-elle nécessaire ?
 - a. Pour satisfaire les besoins en eau des plantes ;
 - b. Pour améliorer la production de certaines cultures à haut rendement ;
 - c. Pour permettre d'utiliser d'une manière optimale les différents types des sols de la région ;
 - d. Pour rendre réalisable les cultures vivrières, maraîchères et fruitières dans les zones semi-arides (Sahel).
2. Quelles sont les principales causes du manque d'eau ?
 - a. Pluviosité insuffisante pour les besoins de la culture considérée ;
 - b. Pluviosité irrégulière ne satisfaisant pas les besoins à un moment donné du cycle végétal ;
 - c. Pluviosité nulle pour les cultures en saison sèche ;
 - d. Dégradation du sol causée par l'homme :
 - Les feux de brousse, le piétinement du bétail, la

surexploitation des pâturages, les mauvaises pratiques culturales, dénudent le sol.

- En conséquence, le sol est soumis à l'évaporation et perd rapidement ses réserves en eau. Sa structure superficielle est détruite, ce qui diminue encore sa capacité d'absorption en eau.

3. Quels sont les éléments de base dont il faut tenir compte dans un projet d'irrigation ?

- a. Le climat
- b. La topographie
- c. Le sol
- d. L'eau
- e. Les cultures
- f. Le drainage

4. Pourquoi doit-on étudier le climat ?

- Le climat détermine les besoins en eau des cultures (évapotranspiration) ;
- La pluviométrie et l'évapotranspiration permettent de calculer le déficit en eau pour une culture implantée durant une saison donnée ;
- Cette étude permet de déterminer pour une culture donnée les besoins d'appoint en eau qu'apportera l'irrigation.

5. Comment la topographie peut-elle influencer le système de l'irrigation ?

5.1. La pente

- La pente, qui conditionne la vitesse de circulation de l'eau par gravité, est le facteur capital de l'irrigation de surface.
- Pente très faible : l'eau devient difficile à conduire sur de grandes surfaces.
- Pente accentuée : il y a des dangers par l'érosion
- La modification de la pente (nivellement) est possible mais elle entraîne des investissements qui deviennent rapidement prohibitifs.

5.2. Le parcellement

- Tout changement brutal de pente est gênant pour l'irrigation. Aussi s'efforce-t-on de constituer des parcelles à pente uniforme.
- Pour répondre à la nécessité de la mécanisation et de la conduite de l'arrosage, les parcelles doivent être aussi étendues que possible et de forme carrée ou rectangulaire.

6. Quelles sont les propriétés importantes du sol qui conviennent pour l'irrigation ?

6.1. La perméabilité

- La perméabilité, qui est liée à la texture, conditionne la vitesse verticale de l'eau vers les parties profondes du sol.
- Une terre très sableuse ne favorise pas l'avance de l'eau, la laissant s'infiltrer trop rapidement; l'aspersion peut alors seul convenir.
- Une terre très argileuse (texture fine à très

fine) est souvent peu perméable et doit être réservée à la riziculture (irriguée ou submergée).

- Un excès de perméabilité cause de très grande déperdition d'eau dans les canaux d'arrosage en terre et du lessivage des éléments fertilisants.
- L'insuffisance de perméabilité détermine des accidents végétatifs comme l'asphyxie des racines (sauf le riz irrigué).

6.2. La capacité de rétention en eau

- Il faut connaître les valeurs de la capacité de saturation, la capacité au point de flétrissement et la capacité utile du sol.
- La connaissance de la capacité de rétention en eau permet de déterminer la dose et la durée d'arrosage, en tenant compte des besoins de la plante.
- La capacité utile peut varier suivant la nature physique du sol : 6 % pour les sols sableux, 18 % pour les sols limoneux et plus de 30 % pour les sols argileux.

6.3. La cohésion

- La cohésion est la force qui maintient entre les particules de terre. Lorsqu'elle est inférieure à la force du courant d'eau, il y a érosion, affouillement ou ravinement.
- Les terres lourdes, qui possèdent un degré de cohésion élevé, peuvent donc utiliser des masses d'eau importantes sur des pentes relativement prononcées.

- Les sols sablonneux se laissent volontiers entraîner, car ils sont peu cohérents. Il faut donc prendre de grandes précautions pour les mettre en eau quand on a recours à l'irrigation de surface.

6.4. Propriétés chimiques

- Les sols sont lessivés facilement par l'excès d'eau qui entraîne les éléments chimiques solubles. Il faut y veiller.
- L'apport d'humus augmente et maintient les réserves d'eau.

7. En ce qui concerne de l'eau d'irrigation, de quels facteurs doit-on se préoccuper ?

7.1. L'origine

- La connaissance de l'origine de l'eau fournit des éléments indispensables concernant sa qualité et sa quantité pour l'irrigation.
- Eaux de surface : provenant des ruissellements, utilisées peu de temps après la chute des pluies, en bas des bassins de réception, ou dérivées des cours d'eau, emmagasinées dans les grands barrages, etc...
- Eaux souterraines : pompées, jaillissant de puits artésiens ou sortant naturellement sous forme de source.

7.2. Qualités physiques et chimiques de l'eau

- La température optimum peut se situer aux environs de 25°C pour la majorité des plantes, durant la période active de la végétation.

- Certaines eaux courantes entraînent avec elles des boues qui peuvent être nuisibles lorsqu'elles sont composées d'éléments colloïdaux qui viennent obstruer les pores d'un sol déjà peu perméable ou des canalisations du système d'irrigation.
- Dans les régions sahéliennes, il existe des eaux de profondeur riches en sels spécialement en chlorure de sodium (NaCl). Il faut veiller à ce que le taux de NaCl soit inférieur à 1g/litre, car le sel a des effets néfastes : la dispersion du complexe argileux et la toxicité pour la plante.
- Si les eaux contiennent du sodium, il faut proscrire les engrais sodiques.

8. Comment le mode d'irrigation est-il influencé par les cultures ?

8.1. Nature des cultures

- La nature des cultures impose souvent un système d'irrigation.

Exemple : Le riz ne peut être irrigué que par le bassin de submersion ; la pomme de terre et un nombre de plantes légumières (marafichères) ne s'accoutument que par l'irrigation par sillons ou par l'aspersion.

- Si le milieu impose un mode d'irrigation, le choix des cultures se restreint.

8.2. Besoins des plantes

- Les besoins des plantes en eau varient avec le climat et les espèces de plante et selon le stade de développement de la végétation.

47

9. Pourquoi le drainage doit-il être envisagé ?

- Pour éliminer l'eau en excès, spécialement lorsqu'une couche de sol à irriguer est imperméable ;
- Pour éliminer les sels toxiques (NaCl) qui s'accumuleraient dans la couche arable engorgée d'eau.

10. L'irrigation est-elle toujours conseillée ?

- L'irrigation ne peut être conseillée et implantée dans un site agricole qu'après des études agropédologiques poussées.
- Cette amélioration du sol est coûteuse ; il faut donc évaluer le coût d'investissement (aménagement du casier et fonctionnement) en fonction des conditions locales, de façon à déterminer la rentabilité de la spéculation choisie.
- Les cultures les plus rentables sont celles qui donnent de hauts rendements (riz, canne à sucre, cultures maraîchères et fruitières) ou dont la valeur marchande unitaire est élevée (tabac, melon). Les cultures traditionnelles, telles que le mil, le sorgho ou le maïs sont rarement rentables dans l'état actuel.

IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Planter des jeunes plantes et faire germiner des semences dans les pots contenant la terre mouillée ou la terre sèche pour démontrer l'importance de l'eau pour la vie végétale.
2. Employer une carte de climat du Mali pour la discussion des conditions climatiques qui influencent l'irrigation (précipitations, températures, évapotranspirations).

3. Démontrer l'effet de la pente d'un terrain sur la vitesse de circulation de l'eau en surface et de l'infiltration, en faisant l'expérience suivante :

- Matériel :

- . 2 boîtes d'environ 40 x 30 cm, profondes de 10 cm. Elles doivent être étanches, il faut donc les doubles d'une feuille en matière plastique. A bout de chaque boîte, découper une encoche en V d'environ 3 cm de profondeur que l'on munit d'un bec (découpé dans une boîte de conserves) afin de laisser écouler l'eau de ruissellement.
 - . 2 bouteilles d'environ 1 ou 2 litres de contenance.
 - . 2 bocaux de 2 litres bien évasés.
 - . 2 baguettes de bois : l'une de 2,5 cm d'épaisseur, l'autre de 1 cm d'épaisseur.
- Remplir les deux boîtes avec la même terre.
- Poser les boîtes sur une table de manière que les becs dépassent le bord. Placer les baguettes de bois sous l'autre bout pour donner une inclinaison aux boîtes. Calculer l'inclinaison de chaque boîte.
- Poser les bocaux sur deux escabeaux placés sous les becs déversoirs.
- Remplir d'eau les deux bouteilles et la verser simultanément avec un même débit sur la partie surélevée de la terre dans les deux boîtes. Les bouteilles doivent être tenues à la même hauteur au-dessus des boîtes (environ 30 cm).
- Observer et comparer la vitesse de ruissellement et d'infiltration de l'eau dans les deux boîtes.

4. Démontrer l'effet de la texture du sol sur le ruissellement et l'infiltration de l'eau d'irrigation en répétant l'expérience précédente avec quelques modifications suivantes :

- employer 3 boîtes, 3 bouteilles, 3 bocaux et 3 baguettes de même épaisseur ;
- remplir les boîtes avec la terre de différentes textures : sableuse, limoneuse, argileuse.

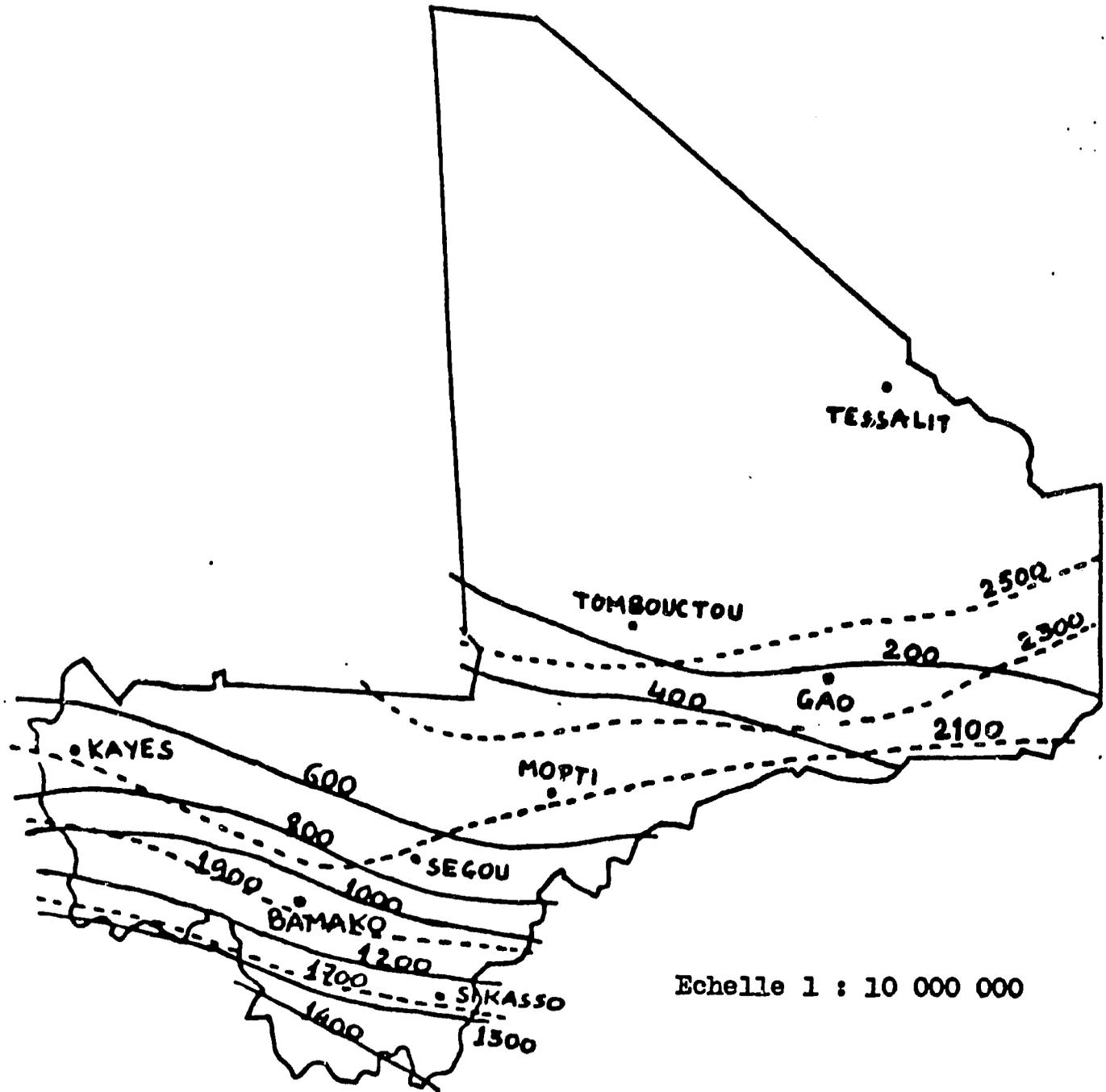
On peut varier l'épaisseur des baguettes (donc, varier l'inclinaison) pour observer l'interaction entre la pente et la texture.

5. Diviser les élèves en trois groupes. Chaque groupe est chargé d'étudier les éléments de base d'une partie de la ferme de l'école ou du village voisin pour déterminer la factibilité économique de l'irrigation. Chaque groupe va présenter les résultats de son étude dans une prochaine séance.

V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. B.I.T. - Travail, aménagement et utilisation des sols - DNFAR, Bamako ; 1972.
2. Ministère de la Coopération - Mémento de l'agronome - Ministère de la Coopération, Paris ; troisième édition, 1980.
3. Rebour (H) et Deloye (M) - Irrigation de la surface et par aspersion - Maison Rustique, Paris ; 1971.

MALI : PRECIPITATIONS ET EVAPOTRANSPIRATION



Echelle 1 : 10 000 000

— 600 — ISOHYETTE EN mm
- - 2100 - - EVAPOTRANSPIRATION EN mm

ELEMENTS DE BASE DE L'IRRIGATION

CLIMAT

TOPOGRAPHIE

SOL

EAU

CULTURES

DRAINAGE

BESOINS EN EAU DES CULTURES
EN AFRIQUE SAHELO-SOUDANAIENNE

	BESOINS EN EAU PAR kg DE GRAINS	BESOINS EN EAU PAR HECTARE	
		en hauteur d'eau(mm)	en volume d'eau(m ³)
MIL (19,3 q/ha)	1 560 l	300 mm	3 000 m ³
SORGHO (30 à 40 q/ha)	1 250 à 1 500 l	500 mm	5 000 m ³
MAIS (25 q/ha)	1 300 l	750 mm	7 500 m ³
ARACHIDE (13 q/ha)	2 185 l	285 mm	2 850 m ³
NIEBE (40 à 50 q/ha)	2 500 à 3 000 l	1 000 mm	10 000 m ³

Source : Problèmes et perspectives de l'agriculture dans les pays tropicaux, par Angladette et Deschamps (p. 469).

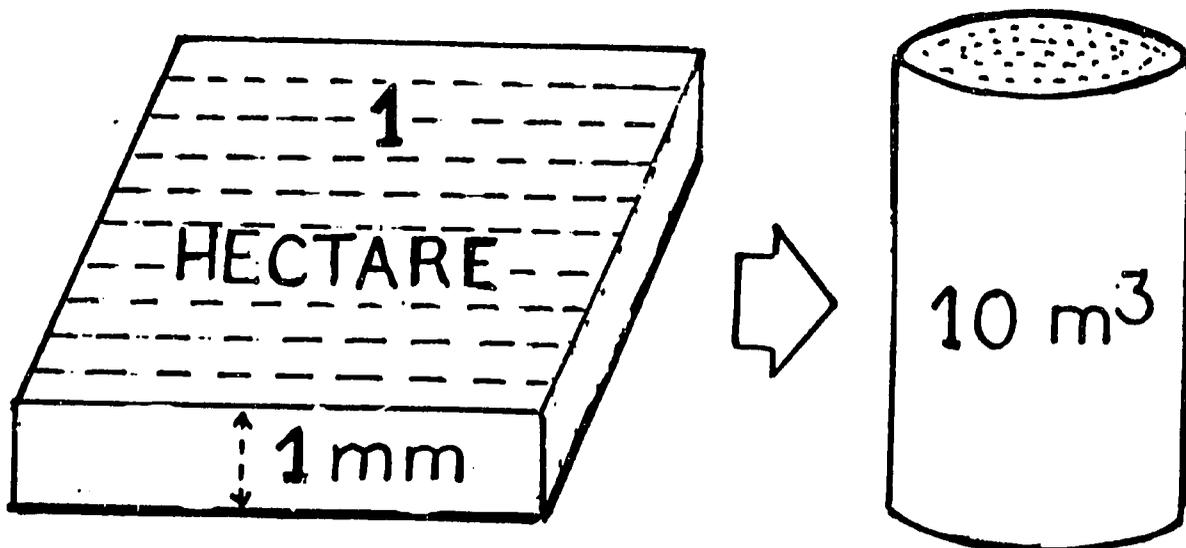
CONVERSION DES HAUTEURS
D'EAU EN VOLUME D'EAU

PLUVIOSITE, EVAPOTRANSPIRATION,
ET BESOIN EN EAU S'EXPRIMENT
SOUVENT EN MILLIMETRES (mm)

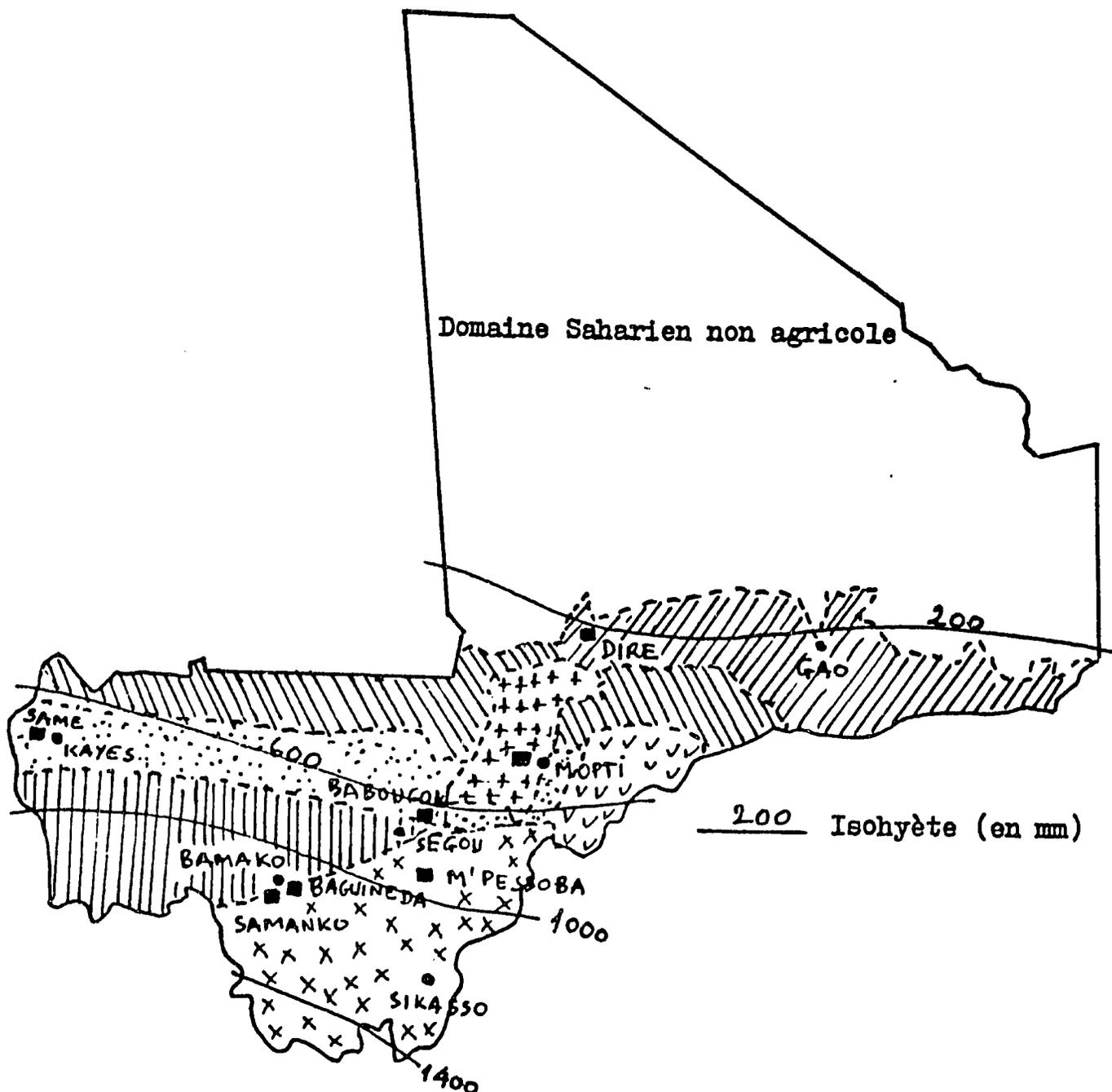
UNE HAUTEUR D'EAU DE 1 mm

REPRÉSENTE

UN VOLUME DE $10 \text{ m}^3/\text{ha}$



MALI : APTITUDES AGRICOLES



200 Isohyète (en mm)

- | | | | |
|---|--------------------------------|---|--------------------------|
|  | Blé, pâturage (riz/sorgho de |  | Sorgho précoce, arachide |
| | décru) | | et (niébé) |
|  | Mil, niébé et (sorgho précoce) |  | Arachide, maïs/sorgho |
|  | Mil, arachide/niébé |  | Coton/dah, sorgho/maïs |
| | |  | Riz (blé, maraîchage) |

Echelle : 1 : 10 000 000

59

UNITE 5

PRINCIPAUX SYSTEMES D'IRRIGATION

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

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

- de distinguer les principaux systèmes d'irrigation ;
- de sélectionner un système d'irrigation le plus approprié aux conditions données ;
- de connaître l'aménagement hydro-agricole effectué par l'Office du Niger.

II. QUESTIONS D'ETUDE

1. Comment l'irrigation par planches s'effectue-t-elle ?
2. Quelles sont les caractéristiques de l'irrigation à la raie ou par sillons ?
3. Comment effectue-t-on l'irrigation par submersion ?
4. Comment l'irrigation par aspersion est-elle caractérisée ?
5. Quels sont les facteurs qui influencent le choix d'un système d'irrigation ?
6. Décrire l'infrastructure d'irrigation effectué par l'Office du Niger.

III. DISCUSSION

1. Comment l'irrigation par planches s'effectue-t-elle ?

1.1. Principe

- C'est une méthode d'irrigation par ruissellement.
- Le terrain est divisé en un certain nombre de planches ou calants. L'eau déversée en quantité assez importante à la partie supérieure du terrain par les bouches d'irrigation ou pertuis ruisselle sur toute la surface de la planche qu'elle humecte au fur et à mesure de sa progression.
- Les planches rectangulaires reçoivent l'eau par le côté de la largeur. L'eau s'écoulant doucement, en nappe mince, pendant toute la durée de l'infiltration, est canalisée par des billons ou levées qui suivent les sens de la longueur. La partie inférieure est ouverte, les billons latéraux s'arrêtent quelques mètres avant la fin de la planche et un canal de colature recueille les eaux en excès.
- Les planches ne doivent pas avoir de pente transversale.
- La pente longitudinale peut aller de 0,15 à 4 % (au delà il y a érosion importante).

1.2. Dimensions des planches et des levées

- Les dimensions des planches varient en fonction du débit, de la nature du sol et de la pente.
- En général, la largeur varie entre 3 et 30 m et la longueur est entre 60 à 800 m.
- La hauteur des levées doit être entre 20 et 25 cm.

1.3. Avantages et inconvénients

a. Avantages

- Une méthode économique, simple et efficace ;

- Adaptation à tous sols de pente convenable, sauf textures très légères ;
- Facilité des travaux de culture mécanique.

b. Inconvénients

- Nécessité d'éliminer la pente transversale ;
- Inadaptation aux pentes accentuées ou terrains de niveau ;
- Besoin de débit important ;
- Danger de ravinement ;
- Nécessité d'une haute technicité dans la préparation du sol.

1.4. Adaptation aux cultures

- Grandes cultures : pâturage, céréales.
- Vergers.

2. Quelles sont les caractéristiques de l'irrigation à la raie ou par sillons ?

2.1. Principe

- C'est une méthode d'irrigation par infiltration.
- Le terrain est parcouru par des rigoles (ou raies). L'eau est répartie dans les rigoles et s'infiltré verticalement et latéralement en humidifiant la terre comprise entre des raies.
- L'alimentation à la raie peut s'effectuer :
 - par des tuyaux métalliques ou des lattes clouées qui traversent la paroi du canal d'arrosage, en face de chaque sillon ; ou
 - par des siphons métalliques ou en matière

plastique qui passent par dessus la berge du canal d'arrosage.

- Le planage doit être soigné ; les sillons ne doivent présenter aucune contre-pente qui provoquerait un arrêt de l'écoulement, une stagnation dommageable aux plantes.
- Les pentes couramment admises sont comprises entre 0,1 ‰ et 1 ‰.

2.2. Caractéristiques des raies

a. L'écartement des raies

- La distance séparant les raies varie avec la perméabilité du sol, de 0,60 à 1,25 m.
- Pour les cultures arbustives, on adopte généralement l'écartement en vigueur dans la plantation.

b. Profil en travers des raies

- Les raies étroites et peu profondes conviennent aux sémis et aux plantes à racines superficielles ;
- Les raies larges et profondes (0,20 à 0,30 m), à fort débit, conviennent aux plantes à racines profondes, aux cultures arbustives.

c. Longueur des raies

- Une raie ne doit être ni trop courte ni trop longue.
- Les longueurs acceptables :
 - 20 à 40 m pour la terre sableuse ;
 - 50 à 80 m pour la terre franche ;
 - 100 à 150 m pour la terre lourde.

d. Orientation des raies

- Dans le sens de la pente, si la pente ne dépasse pas 2 % ;
- Transversalement à la ligne de plus grande pente, si la pente est supérieure à 2 %.

2.3. Avantages et inconvénients

a. Avantages

- Frais réduits d'aménagement du sol ;
- Terrain accessible en tous temps pour les travaux, les sillons seuls étant sous eau ;
- Sol sans tassement notable ; pas de formation de croûte superficielle.
- Emploi de faibles débits réduisant les dangers d'érosion, ce qui permet l'utilisation des pentes relativement accusées, ainsi que l'arrosage de jeunes semis et plantations en limitant les risques d'entraînement des graines ou de déchaussage des plants ;
- Feuillage des plantes basses qui n'est pas mouillé, ce qui évite certaines maladies ;
- Système convenable particulièrement aux cultures en lignes nécessitant le buttage et pour de nombreuses espèces plantées en lignes à faible écartement.

b. Inconvénients

- Lenteur de l'arrosage ;
- Gêne causée par les sillons pour les déplacements latéraux ;
- Besoins importants en main d'oeuvre ;

- Perte d'eau très importante ;
- Concentration des solutions salines entre les rigoles.

2.4. Adaptation aux cultures

- Cultures maraichères (en lignes)
- Cultures fruitières.

3. Comment effectue-t-on l'irrigation par submersion ?

3.1. Principe

- Le système d'irrigation par submersion ou inondation consiste à recouvrir le sol d'une couche d'eau plus ou moins épaisse ; on l'y laisse séjourner pendant le temps nécessaire pour qu'elle pénètre par infiltration à la profondeur utile permettant ainsi au sol de mettre en réserve l'eau indispensable au développement des cultures qui y seront ensuite pratiquées.
- L'irrigation par submersion est pratiquée si les conditions topographiques ou les nécessités culturales n'autorisent pas une certaine pente (au moins 0,1 %) permettant de faire courir l'eau.
- Le terrain est divisé en bassins de dimensions variables bordés par des diguettes.
- Le sol du bassin submergé doit être aussi plat et horizontal que possible.
- L'eau est maintenue dans les bassins jusqu'à infiltration complète ou bien est évacuée après un temps plus ou moins long, compte tenu des besoins des cultures et suivant les conditions climatiques.

- La submersion peut être intermittente, pour les arbres par exemple, mais elle peut être continue (pour les rizières).

3.2. Types de l'irrigation par submersion

a. Submersion naturelle

- Elle se fait naturellement par le débordement des fleuves tels que le Niger ou le Bani à la période de crue.
- Le cultivateur n'intervient que pour provoquer, faciliter ou diriger le débordement et pour assurer l'assainissement après submersion.
- Dans ces cas, les apports de limons fertiles ne sont pas négligeables ; des cultures dites "de décrue" y sont pratiquées, qui sont plus ou moins drainées suivant les conditions du milieu.

b. Submersion artificielle

- L'eau est déversée dans le bassin.
- La surface des bassins dépend de la pente du sol, de sa perméabilité, du débit dont on dispose.
- La profondeur de l'eau dans chaque bassin :
 - . 0,25 m en moyenne ;
 - . 0,10 m comme minimum au point haut ;
 - . 0,40 m au maximum au point bas.
- Les diguettes séparant les bassins :
 - . 0,50 m au moins de hauteur ;
 - . 0,40 m à 0,50 m de largeur en crête ;
 - . un angle de pente de 45°C.

- Les bassins peuvent être alimentés par le canal d'amenée ou par le déversement de l'eau d'un bassin supérieur.
- Pour que l'eau recouvre plus rapidement la surface de chaque bassin, on aménage dans le fond du bassin des rigoles (principales et latérales) qui conduisent l'eau en peu de temps aux extrémités du bassin. Au moment de la vidange ces rigoles jouent le rôle de rigole de colature et assainissent plus rapidement le sol. L'alimentation et la vidange se font par des buses placées dans les diguettes et fermées par des vannes.

3.3. Avantages et inconvénients

a. Avantages

- Frais faibles de premier établissement et d'entretien à condition que le sol soit assez régulier et plan ;
- Pertes réduites d'eau ;
- Simplicité de fonctionnement ;
- Destruction des animaux et des plantes nuisibles ;
- Permettant aux eaux chargées de limon de le déposer.

b. Inconvénients

- Tassement exagéré du sol ;
- Gênant l'aération du sol ;
- Modifiant l'équilibre de l'azote du sol ;
- Développement actif de certaines plantes aux dépens de certaines autres.
- Nécessité de gros débit d'écoulement.

3.4. Adaptation aux cultures

- Nombreuses cultures, spécialement riziculture.

4. Comment l'irrigation par aspersion est-elle caractérisée ?

4.1. Principe

- C'est un système d'arrosage qui consiste à distribuer l'eau sous forme de pluie sur le sol à l'aide d'asperseurs alimentés par des canalisations sous pression.

4.2. Matériel d'installation

- a. Un appareil de pompage qui fournit l'eau nécessaire à l'irrigation avec la pression utile.
- b. Des conduites sous pression qui distribuent l'eau en tous les points utiles de la surface à arroser et qu'alimentent les appareils de répartition.
- c. Des appareils qui projettent et répartissent l'eau sur le sol (asperseurs - sprinklers).

4.3. Types d'installations

a. Installations fixes :

- La station de pompage et le réseau de canalisations sont placés de façon permanente.

b. Installations mobiles :

- L'ensemble peut se déplacer à volonté.

c. Installations mixtes :

- Les canalisations principales ou même des canaux sont fixés.

4.4. Avantages et inconvénients

a. Avantages

- Ne nécessite aucun aménagement préalable du terrain ;
- Peut être employée quelle que soit la nature du sol ;
- Réalise une certaine économie d'eau. Elle permet un dosage précis et une répartition régulière des quantités d'eau distribuées.
- S'adapte à la rotation des cultures et aux arrosages de secours.

b. Inconvénients

- Frais d'installation élevés ;
- Fonctionnement, entretien et amortissements coûteux ;
- Répartition défectueuse de l'eau par grand vent ;
- Encombrement des appareils ;
- Dépenses d'énergie.

4.5. Adaptation aux cultures

- Cultures diverses.

5. Quels sont les facteurs qui influencent le choix d'un système d'irrigation ?

- a. La nature des cultures choisies ;
- b. La nature du sol ;
- c. La pente du terrain ;
- d. Le débit d'eau disponible ;
- e. Le coût des travaux d'établissement et de fonctionnement.

6. Décrire l'aménagement hydro-agricole effectué par l'Office du Niger

6.1. Date de mise en oeuvre

- L'aménagement du delta central du Niger a commencé en 1935 avec le barrage de Markala. Achevé en 1945, il est entré en service à pleine retenue en 1947.

6.2. Infrastructure d'irrigation

- Cet ouvrage comprend une digue insubmersible de 1,820 m de long en terre compacte et maçonnerie, et le barrage proprement dit long de 816 m comprend 488 vannes à hausses mobiles manoeuvrées par un chariot électrique.
- On peut régler le plan d'eau à l'amont, jusqu'à + 5,50 m de rehaussement, rendant possible quel que soit le débit du fleuve, l'entrée de l'eau dans le gros réseau d'irrigation : canal adducteur, canal du Sahel, canal du Macina.
- La retenue d'eau ainsi créée est faible, inférieure à 10 millions de mètres cubes. Le barrage de Markala est un ouvrage de dérivation ou de prise, et non d'accumulation. Un canal de navigation avec écluse contourne le barrage en faisant communiquer les deux biefs du Niger.
- Le canal adducteur, long de 8 km part de la prise à l'amont du barrage de Markala, jusqu'au "point A" d'où partent le canal du Sahel et le canal du "point A" par deux régulateurs.
- Le canal du Macina et le canal du Sahel ont des débits nominaux de $55 \text{ m}^3/\text{sec}$.

- Le réseau de distribution d'eau (canaux primaires, secondaires et tertiaires) totalisent 2919 km ; le réseau de canaux de drainage 3053 km.
- D'autres ouvrages protègent le delta central contre les crues périodiques du fleuve intervenant en Septembre - Octobre couvrant le Haut-Macina, et tout un système de régulateurs, de déversoirs et ouvrages de décharges.

6.3. Superficie aménagée et cultivée

- Superficie totale aménagée en 1978 : 53260 ha
- Superficie totale cultivée en 1978 :
 - . Riz : 39480 ha
 - . Canne à sucre : 2740 ha.

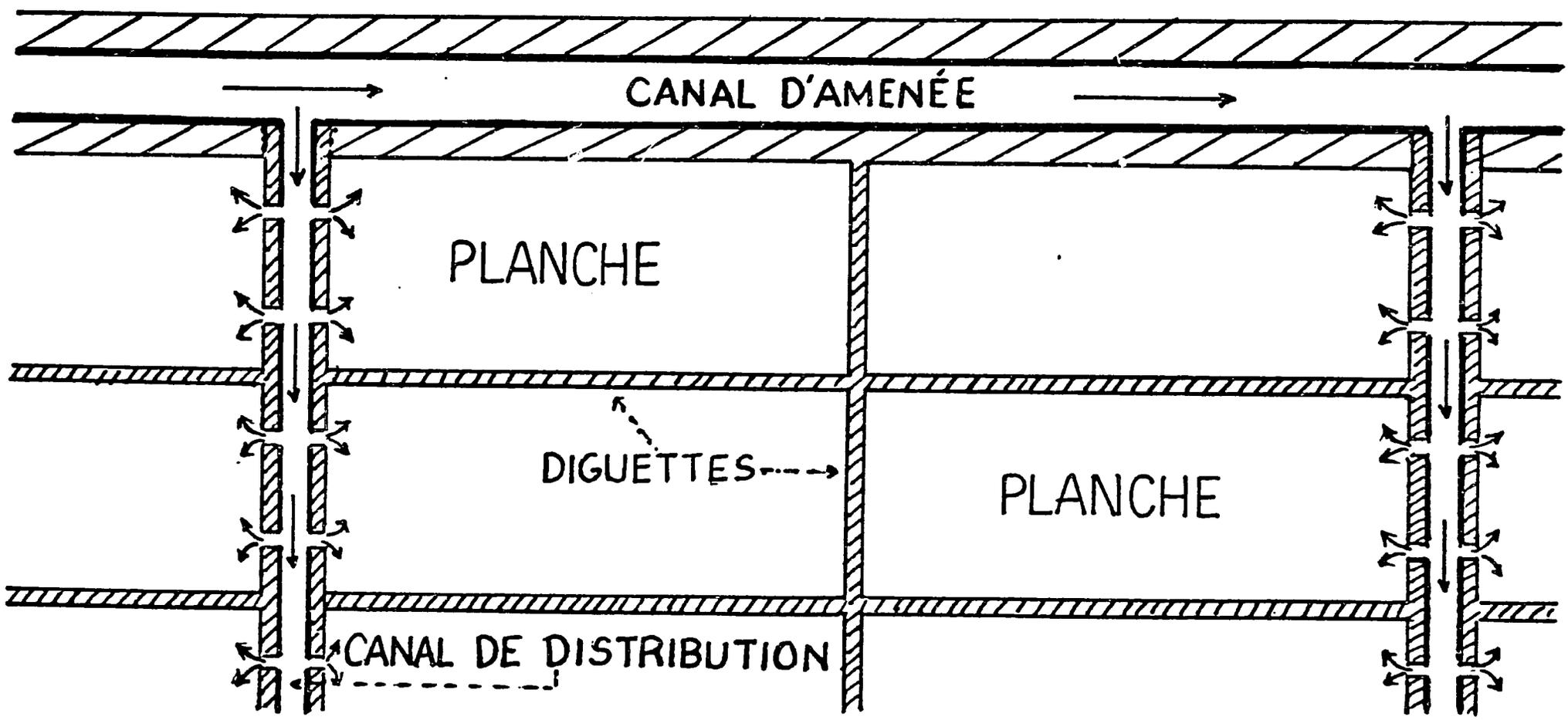
IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Etudier le système d'irrigation actuel au centre s'il y en a. Montrer comment il s'opère et discuter ses avantages et ses inconvénients.
2. Faire une excursion pour étudier les systèmes d'irrigation qui existent dans les villages voisins.
3. Demander aux élèves de proposer un système d'irrigation basé sur les résultats des études de base précédemment effectués (Activité 5, Unité 4) ou sur les données imaginaires.
4. Montrer aux élèves l'emplacement des ouvrages hydro-agricoles (barrages importants) sur une carte du Mali. Décrire l'aménagement hydro-agricole effectué par l'Office du Niger en utilisant des cartes appropriées.

V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. B.I.T. - Travail, aménagement et utilisation des sols - DNFAR, Bamako ; 1972.
2. Ministère de la Coopération - Mémento de l'agronome - Ministère de la Coopération, Paris ; troisième édition ; 1980.
3. Rebour (H) et Deloye (M) - Irrigation de la surface et par aspersion - Maison Rustique, Paris ; 1971.

IRRIGATION PAR PLANCHES

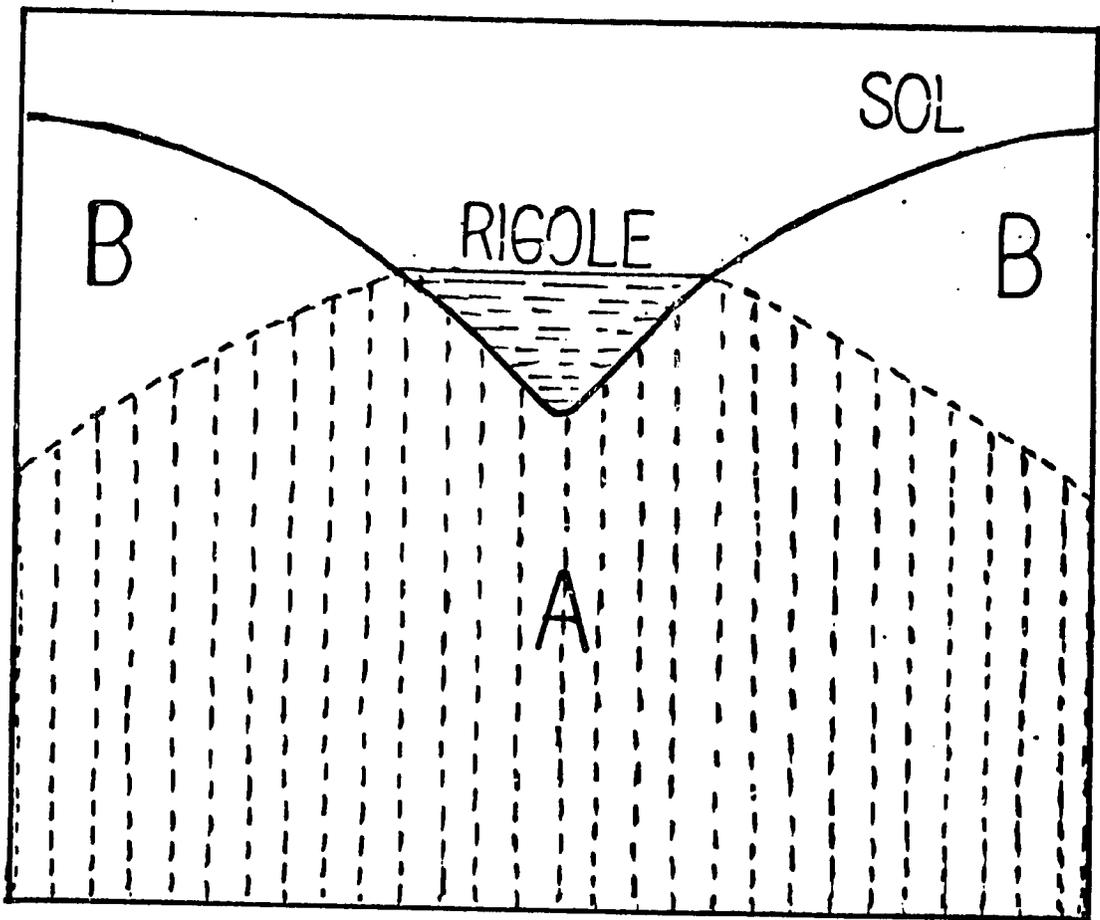


DIMENSIONS CONVENABLES DE PLANCHES
POUR L'IRRIGATION PAR PLANCHE

SOL	PENTE (%)	DIMENSIONS DE LA PLANCHE		DEBIT (litres/sec)
		LARGEUR (m)	LONGUEUR(m)	
LEGERS	0,2	10-30	60-90	220-450
	0,4	10-12	60-90	100-120
	0,8	5-10	75	30-70
MOYENS	0,2	15-30	250-300	70-140
	0,4	10-12	90-180	40-50
	0,8	5-10	90	12-25
LOURDS	0,2	15-30	350-800	45-90
	0,4	10-12	180-300	30-40

DIMENSIONS DE LA PLANCHE VARIENT SELON
LE SOL, LA PENTE ET LE DEBIT

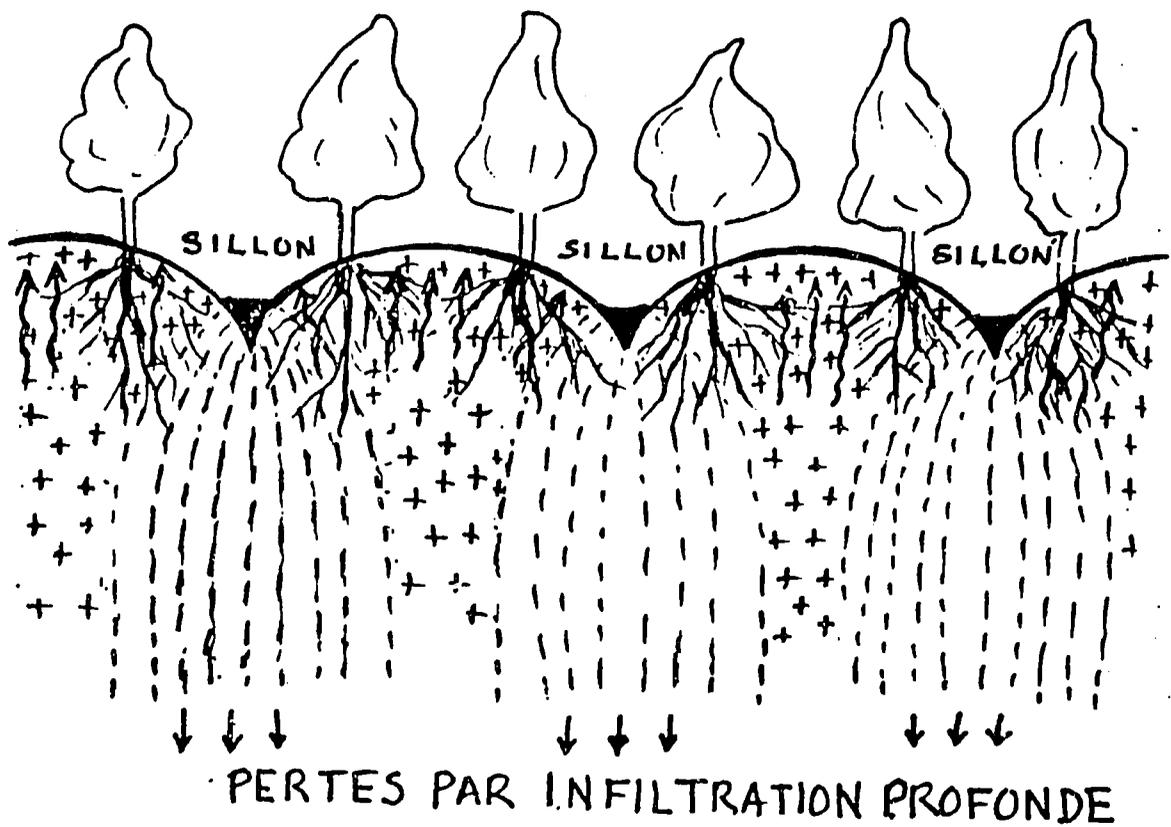
ACTION D'UNE RIGOLE D'INFILTRATION



A: PARTIE HUMECTÉE PAR L'EAU
DE GRAVITÉ

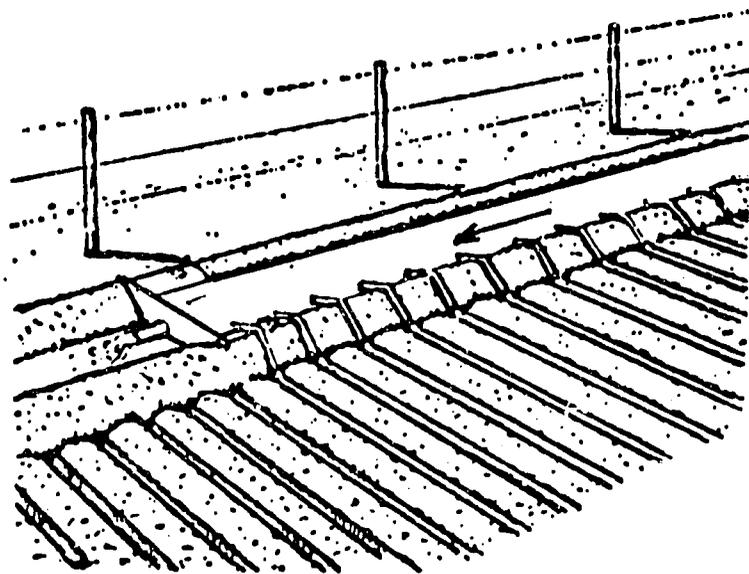
B: PARTIE HUMECTÉE PAR L'EAU
DE CAPILLARITÉ

IRRIGATION PAR SILLONS: RÉPARTITION DE L'EAU

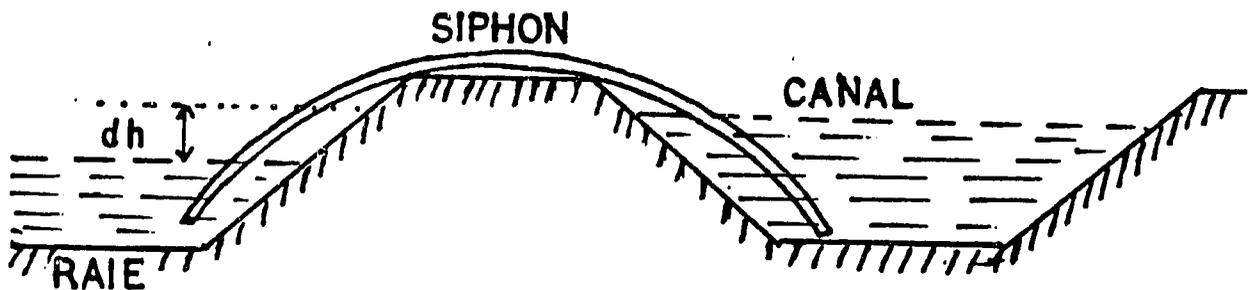


- /// : EAU DE GRAVITE
- ++ : EAU DE CAPILLARITÉ
- ↑↑ : ASCENSION CAPILLAIRE

IRRIGATION A LA RAIE



BATTERIE DE SIPHONS

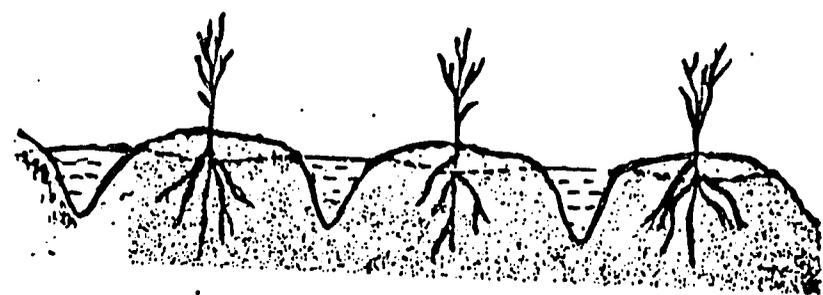


dh = DIFFÉRENCE DE NIVEAU

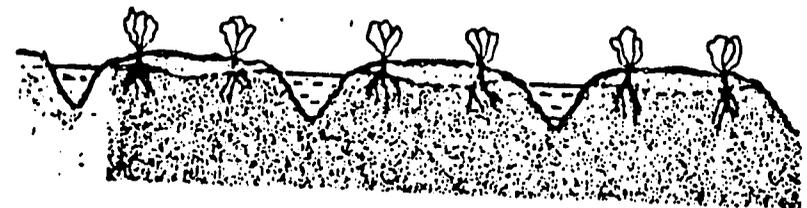
DEBIT DES SIPHONS D'ARROSAGE (m^3/h)

Différence de niveau (dh) en mètres	Diamètre du siphon, en millimètres				
	20	26	32	35	50
0,25	2,4	4,1	6,3	7,5	15,3
0,20	2,3	3,9	5,9	7,0	14,3
0,15	1,9	3,2	4,8	5,8	11,8
0,10	1,5	2,6	3,9	4,6	9,4
0,05	1,1	1,8	2,8	3,3	6,7

IRRIGATION PAR SILLONS

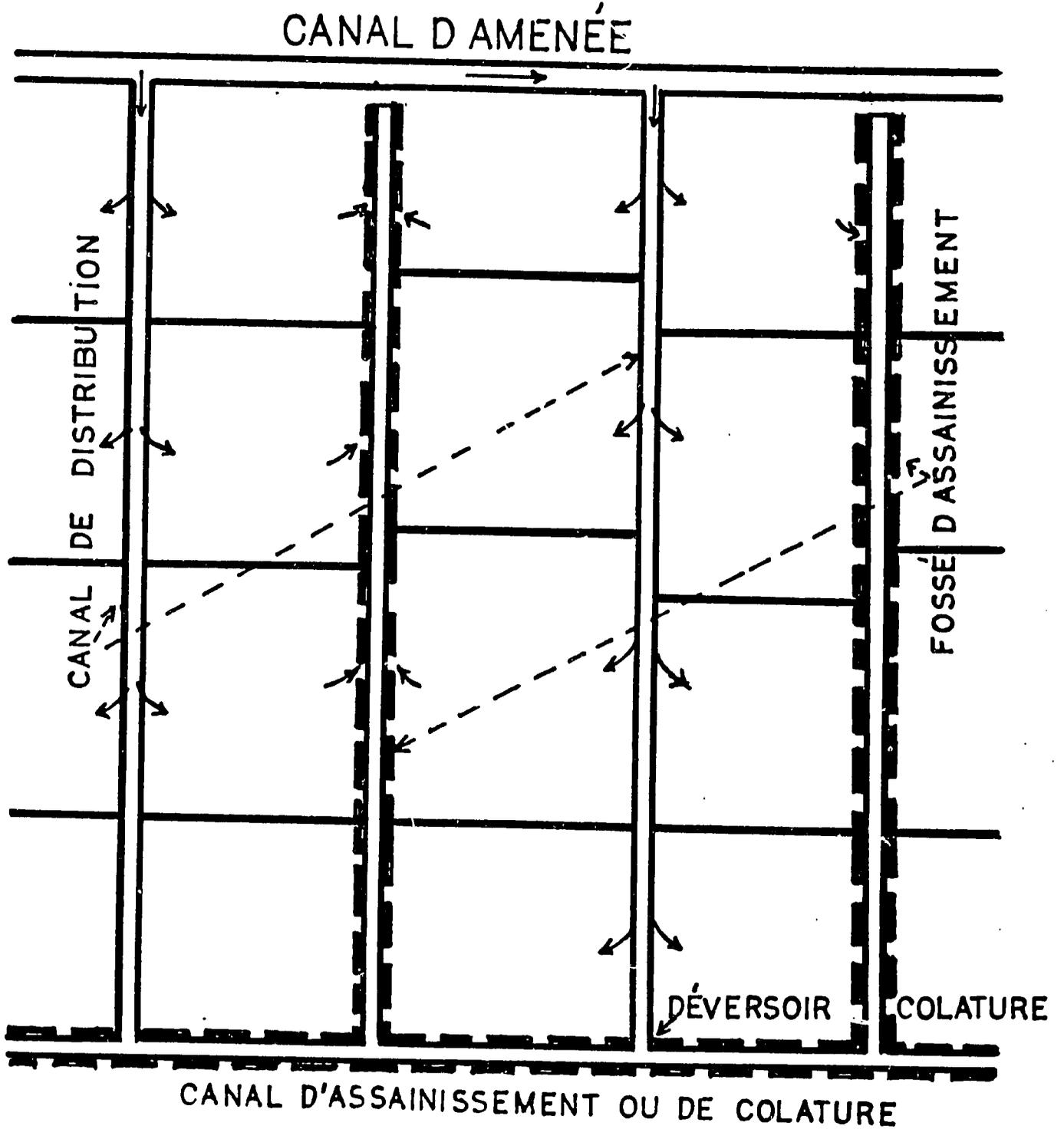


PLANTES A RACINES PROFONDES

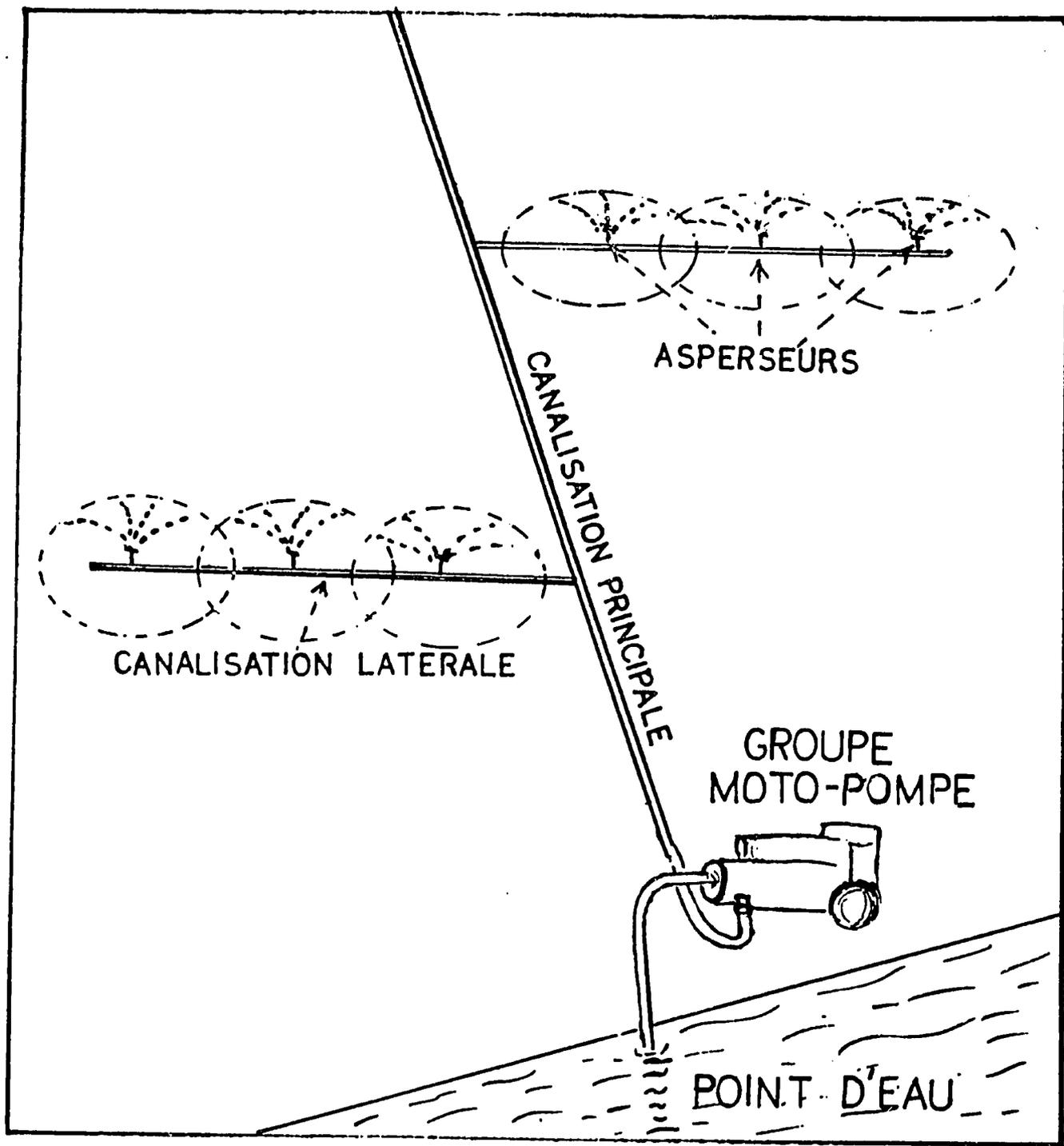


PLANTES A RACINES SUPERFICIELLES

IRRIGATION PAR BASSINS



IRRIGATION PAR ASPERSION



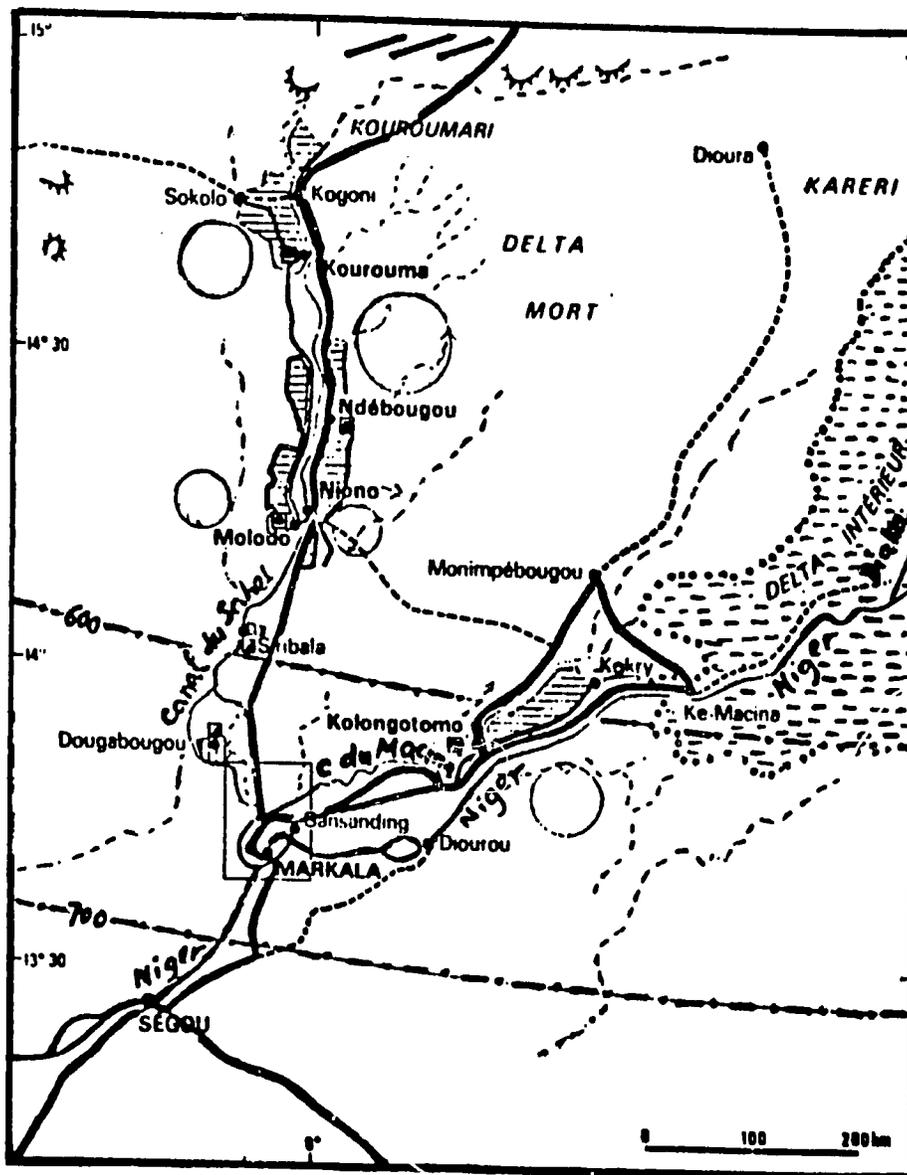
15

**CARACTERES COMPARATIFS DES PRINCIPALES METHODES
D'IRRIGATION**

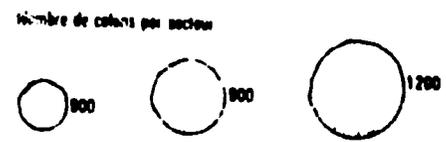
Caractères comparatifs	Planches	Sillons	Bassins	Aspersion
1 Caractéristiques principales	Arrosage sur toute la surface par nappe mince La pente suit la longueur	Arrosage sur une partie de la surface	Arrosage sur toute la surface (nappe épaisse). Pente presque nulle	Arrosage en pluie
2 Adaptation à pentes accentuées la topographie terrains de niveau	Très difficile Impossible	Facile Impossible	Trop coûteux Possible (certaines limites)	Très facile Très facile
3 Emploi obligatoire sur :		Terrains à pente forte (avec aspersion)	Terrains plats (avec aspersion)	Terrains très perméables, plats ou très vallonnés
4 Adaptation à la nature du sol	Tous sols sauf très légers	Sols moyens et forts	Tous sols	Particulièrement avantageux en sols très légers
5 Latitude pour le débit	Ajustement rigoureux Débit important	Ajustement rigoureux Petits débits	Nécessité des gros débits	Ajustement rigoureux
6 Dangers de ravinement si l'on s'écarte de la règle	Assez grands	Assez grands sur pentes	Localisés	Faibles
7 Coût des travaux d'établissement	Relativement peu élevés en terrains à pente convenable	Réduits même sur pentes	Peu élevés à très élevés suivant pente	Très élevés
8 Pertes d'eau	Moyennes	Élevées	Faibles	Réduites
9 Besoins en main-d'œuvre	Faibles	Élevés	Très faibles	Faibles à assez élevés
10 Facilités d'établissement au point de vue connaissances techniques	Demande un bon nivellement	Facile	Très facile	Très facile
11 Facilité de conduite des arrosages	Assez facile	Assez facile	Très facile	Très facile
12 Facilités pour travaux de grande culture	Grandes facilités	Assez gênants	Gênants	Très grandes facilités
13 Cultures les mieux adaptées	Grande culture	Cultures en lignes	Nombreuses cultures	Jeunes semis
14 Avantages les plus marqués	Facilité des travaux de culture mécanique	Ne tasse pas le sol, souplesse d'adaptation, simplicité	Simplicité de fonctionnement	Absence de nivellement
15 Défauts les plus saillants	Difficulté pour arroser semis (pallier avec système mixte)	Coûteux. Salure avec eau minéralisée	Tassement exagéré du sol	Coût de l'installation

Extrait de : REBOUR (H.) et DELOYE (M.) - Irrigation de la surface et par aspersion - Maison Rustique, Paris, ; 1971, p. 64-65.

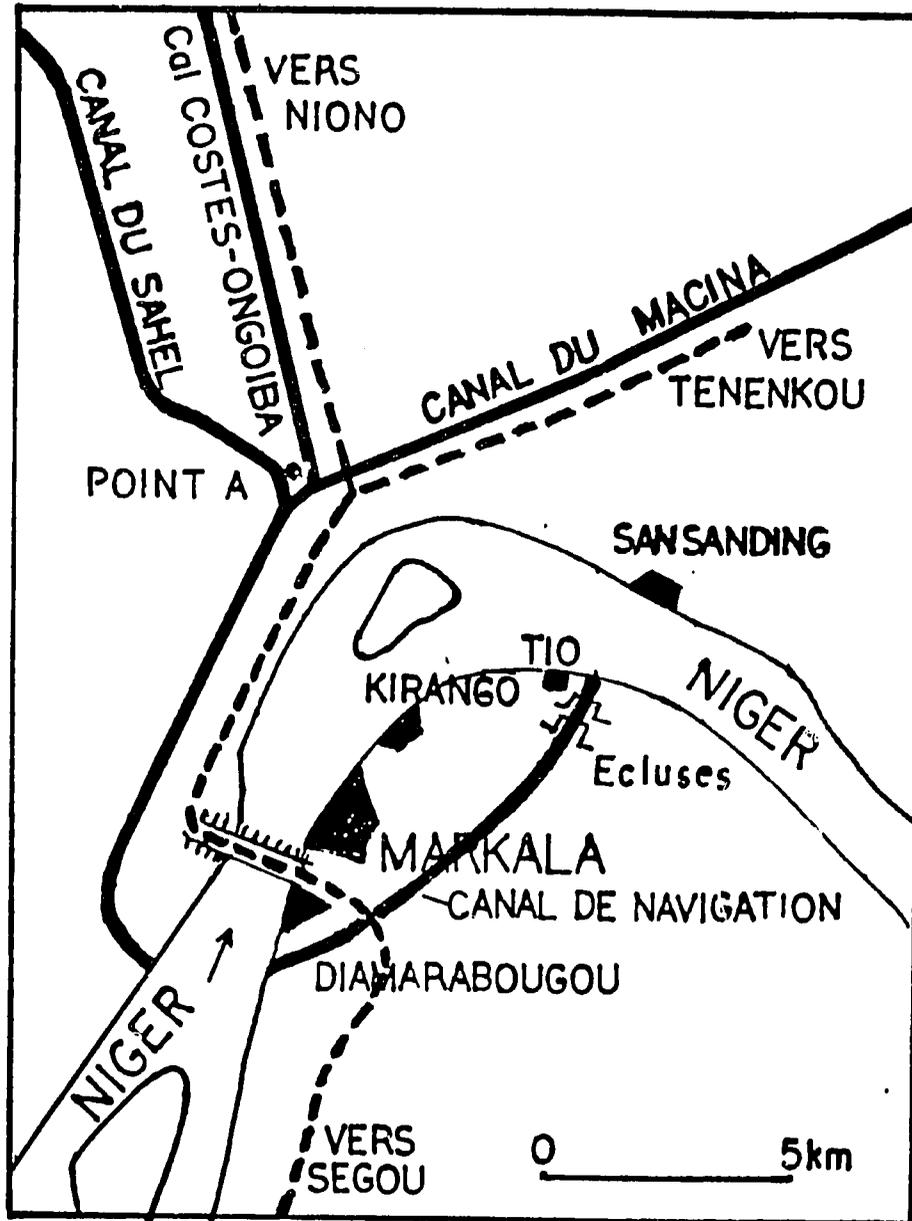
LA REGION DE L'OFFICE DU NIGER



- | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|--|--------|---------------|---------------------|--|-----------------------------------|
| | Plaine inondable du delta vif | | Dunes | | Isohyetes (en mm) | | Secteurs rivières |
| | Deltas anciens | | Battes | Niono | Centres de secteur | | Secteurs agricoles (cane à sucre) |
| | Canaux | | Routes | SÉGOU | Centres de l'Office | | Rivières |
| | Drains | | Pistes | Kogoni | Villages importants | | Secrétariat / assistants |
| | | | | KARERI | Noms de régions | | |



AMENAGEMENT DU NIGER A MARKALA



- ROUTES
- CANAUX
- ||| BARAGE A HAUSSES MOBILES (813 m)
- ||| DIGUE EN TERRE (1823 m)

L'OFFICE DU NIGER EN CHIFFRES

Années	Totales	Superficies en hectare			Population du colonat
		Coton	Riz	à sucre	
				paddy(en tonnes)	
1943-1944	21 000	?	?	?	23 000
1947-1948	16 210	?	?	?	19 000
1951-1952	24 459	2 651	15 325	20 544	?
1955-1956	44 482	4 899	25 781	44 624	29 600
1959-1960	54 474	6 669	33 495	55 012	37 000
1964-1965	48 905	5 506	28 700	42 042	33 228
1968-1969	34 266	3 218	29 898	1 150	46 043
1972-1973	38 857	0	37 626	1 231	74 364
1976-1977	40 643	0	39 567	1 076	94 400

Source : Atlas du Mali - Les éditions J.A., Paris, 1980 ; p. 57.

UNITE 6

DETERMINATION DES FACTEURS D'IRRIGATION

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

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

- de décrire le comportement de l'eau d'irrigation ;
- de citer les inconvénients de l'excès d'eau ou une insuffisance d'eau en irrigation ;
- de définir la dose d'arrosage et d'identifier les facteurs qui l'influencent ;
- de décrire l'efficacité de l'irrigation et sa conséquence pratique ;
- de calculer la dose d'arrosage pour une surface donnée ;
- de déterminer la période d'arrosage ;
- de calculer le débit en irrigation.

II. QUESTIONS D'ETUDE

1. L'eau d'irrigation et le sol ?
2. L'arrosage idéal fournit aux plantes le complément d'eau dont elles ont besoin et rien que cette quantité.
Pourquoi faut-il éviter un excès d'eau ou une insuffisance d'eau ?
3. Qu'est-ce que la dose d'arrosage ? Selon quels facteurs varie-t-elle ?

4. Qu'est-ce que l'efficacité de l'irrigation ? Quelle est sa conséquence pratique sur la dose d'arrosage ?
5. Comment peut-on calculer la dose d'arrosage pour une surface donnée ?
6. Qu'est-ce que la période d'arrosage ?
7. Comment la période d'arrosage est-elle déterminée ?
8. Qu'est-ce que le débit en irrigation ? Quel est le rapport entre le débit, la dose d'arrosage et le temps ?
9. Comment le débit est-il calculé ?

III. DISCUSSION

1. L'eau d'irrigation et le sol ?

- Aussitôt après un arrosage, le sol est entièrement forgé d'eau : il est à sa capacité de saturation.
- Une partie de l'eau contenue dans la terre saturée s'écoule plus ou moins vite par son propre poids vers la partie inférieure du sol : c'est l'eau de gravité. Si cette eau ne dépasse pas la zone d'enracinement, elle peut être entièrement utilisée ; autrement, elle est considérée comme perdue.
- Lorsque le mouvement descendant s'arrête, le sol est complètement mouillé mais égoutté : il est à sa capacité de rétention. Il faut de quelques heures à quelques jours pour que cet état soit atteint.
- Les plantes prélèvent constamment dans le sol qui leur est nécessaire : c'est l'eau utile.
- A un moment donné, la plante ne peut plus prélever l'eau qui reste dans la terre : c'est l'eau indisponible et le sol est à sa capacité au point de

flétrissement. Les plantes se fanent d'une façon permanente. L'irrigation doit intervenir avant que ce degré ne soit atteint.

- La capacité utile en eau du sol est donc égale à :

Capacité de rétention - Capacité au point de flétrissement.

2. L'arrosage idéal fournit aux plantes tout le complément d'eau dont elles ont besoin et rien que cette quantité. Pourquoi faut-il éviter un excès d'eau ou une insuffisance d'eau ?

a. Excès d'eau

- Perte d'eau : l'eau humecte profondément la terre et dépasse la zone visitée par les racines. Toute l'eau qui se trouve hors de portée de ces dernières, en profondeur comme en largeur, est complètement et définitivement perdue.
- Lessivage des sels solubles nutritifs : l'eau par sa descente en profondeur entraîne des sels qui se perdent.
- Destruction de la structure : le complexe argilo-humique se disloque entraînant la destruction de la structure.

* Cet accident se produit fréquemment en terres sableuses. En conséquence, l'irrigation sur ces sols devra être fréquente et modérée (Petites doses à intervalle rapproché).

b. Insuffisance d'eau

- Gaspillage d'eau et de main-d'oeuvre : En mouillant le sol en surface, l'eau est exposée à l'évaporation

directe ; elle s'épuise rapidement, ce qui conduit à de multiples interventions.

- Développement anormal de la plante : La couche de terre exploitée par les racines n'est pas totalement mouillée, il n'y a pas assez d'eau pour satisfaire les besoins de la plante.

* Cet accident se produit surtout en sols argileux, en raison de leur grande capacité pour l'eau. En conséquence, l'irrigation des sols argileux demandera des doses élevées et à intervalle éloigné.

3. Qu'est-ce que la dose d'arrosage ? Selon quels facteurs varie-t-elle ?

3.1. Qu'est-ce que la dose d'arrosage ?

- Théoriquement, la dose d'arrosage est le volume (ou la hauteur) d'eau administré au sol, nécessaire et suffisant pour satisfaire la capacité de rétention du sol sur toute la profondeur atteinte par les racines des plantes : c'est la dose théorique.
- Pratiquement, l'utilisateur devra intervenir lorsque le taux d'humidité du sol représente encore $1/3$ de la capacité de rétention. La dose à donner ne devra donc pas dépasser les $2/3$ de la capacité de rétention : c'est la dose pratique.

3.2. Selon quels facteurs la dose d'arrosage varie-t-elle?

a. La capacité utile en eau du sol

- Cette quantité d'eau disponible pour les plantes varie avec la texture du sol et avec la profondeur de l'enracinement.

- Pour faire leur plein, les terres lourdes exigent des doses importantes à chaque arrosage, tandis que de petites doses sont suffisantes pour les sables à profondeur égale d'enracinement.

b. La profondeur de l'enracinement

- Elle varie selon l'espèce et le stade de développement de la plante.
- L'enracinement plus profond exige des doses plus élevées.

4. Qu'est ce que l'efficacité de l'irrigation ? Quelle est sa conséquence pratique sur la dose d'arrosage ?

4.1. Qu'est-ce que l'efficacité de l'irrigation ?

- L'efficacité (E) de l'irrigation est le rapport de l'eau réellement utilisée par les plantes comparativement au volume délivré en tête de propriété, en tenant compte des pertes de l'eau (par ruissellement, par percolation, dans les canaux...).
- L'efficacité de l'irrigation varie avec les propriétés physiques du sol à irriguer et avec le système d'irrigation à employer.
- On estime qu'une efficacité voisine de 60 % est très satisfaisante.

4.2. Quelle est sa conséquence pratique sur la dose d'arrosage ?

- Il faut ajuster la dose à fournir en tenant compte de l'efficacité de l'irrigation pour que les besoins en eau des plantes soient satisfaits.

- Exemple : Si les plantes ont besoin d'une quantité (Q) d'eau de 20 m³ et si l'efficacité (E) de l'irrigation est 50 %, la dose (DO) d'arrosage devra être donc :

$$DO = \frac{100 Q}{E} = \frac{100 \times 20}{50} = 40 \text{ m}^3$$

5. Comment peut-on calculer la dose d'arrosage pour une surface donnée ?

5.1. Principe et formule

- La dose d'arrosage (DO), la capacité utile du sol (CU), la surface totale à irriguer (ST) et la profondeur d'imbibition (PR) ont un rapport entre eux, qui peut s'exprimer par la formule suivante :

$$DO = CU \times ST \times PR$$

* CU et DO en m³ (mètres cubes) ;

ST en m² (mètres carrés) ;

PR en m (mètres).

- Pour calculer la dose d'arrosage, il faut donc connaître la capacité utile du sol, la surface à irriguer et la profondeur d'imbibition.
- La capacité utile du sol peut être déterminée dans le laboratoire ou empiriquement sur le champ.
- La profondeur d'imbibition correspond à la profondeur d'enracinement de la plante.

5.2. Détermination empirique de la capacité utile du sol

- On donne un volume d'eau (V) en m³ sur une surface

de 1 m^2 d'un sol asséché où les plantes atteignent leur point de flétrissement permanent. On remarque la profondeur d'imbibition (PR) en mètre (m) après 24 heures.

- La capacité utile (CU) est donc :

$$\text{CU} = \frac{V}{\text{PR}}$$

- Exemple : Un volume d'eau de sol ($0,050 \text{ m}^3$) est donné sur une surface de 1 m^2 . On remarque la profondeur d'imbibition atteint 50 cm ($0,50 \text{ m}$). La capacité utile de ce sol est donc :

$$\text{CU} = \frac{V}{\text{PR}} = \frac{0,050}{0,50} = 0,10 \text{ m}^3 \text{ par mètre}$$

cube (m^3) de terre ou 10% .

5.3. Calcul de la dose d'arrosage pour une surface donnée

- La capacité utile en eau du sol :

$$\text{CU} = 0,10 \text{ m}^3$$

- La profondeur d'imbibition désirée :

$$\text{PR} = 0,60 \text{ m}$$

- La surface à irriguer :

$$\text{ST} = 20 \text{ m}^2$$

- La dose d'arrosage (DO) pour cette surface est donc :

$$\text{DO} = \text{CU} \times \text{ST} \times \text{PR}$$

$$= 0,10 \times 20 \times 0,60 = 1,20 \text{ m}^3$$

ou 1200 l de l'eau.

* Il faut noter que, en pratique, on donne une dose plus élevée que la dose calculée, en tenant compte de l'efficacité d'irrigation.

6. Qu'est-ce que la période d'arrosage ?

- La période d'arrosage est l'intervalle qui sépare deux arrosages.
- Elle peut être très courte : pour les semis maraîchers, par exemple, 2 ou 3 jours, parfois moins. Pour les arbres fruitiers, au contraire, les périodes peuvent s'étaler sur un temps très long : 30 à 60 jours.

7. Comment la période d'arrosage est-elle déterminée ?

7.1. Détermination basée sur la capacité utile en eau du sol et les besoins journaliers des cultures

- La période peut être déterminée en confrontant la capacité utile du sol et les besoins journaliers des cultures, qui nécessitent la connaissance des valeurs d'évapotranspiration.
- Exemple : La capacité utile d'un sol léger est $0,05 \text{ m}^3$ ou 5 % ; la partie principale des racines a une profondeur d'un mètre (1 m).
 - Chaque irrigation devra apporter par hectare :
 $1 \text{ m} \times 0,05 \times 10,000 = 500 \text{ m}^3$ d'eau.
 - Cette dose est majorée pour tenir compte des pertes en la portant à 600 m^3 .
 - La période, en tenant compte de besoins journaliers de 20 m^3 par jour et par hectare serait de :

$$\frac{600 \text{ m}^3}{20 \text{ m}^3} = 30 \text{ jours.}$$

- L'irrigation devrait revenir tous les 30 jours sur cette parcelle.

7.2. Détermination de façon pratique

- a. Examen aérien : On observe, au début du jour les signes de flétrissement permanent du feuillage en des points bien choisis.
 - Les réactions les plus caractéristiques de la plante au manque d'eau sont l'enroulement et le flétrissement des feuilles, surtout s'ils sont observés vers 10 heures du matin.
 - L'irrigation doit toujours intervenir avant ce stade.
- b. Examen souterrain : On effectue des sondages avant et après l'irrigation pour déterminer la date des arrosages.
 - Choisir, dans la parcelle à irriguer, des points d'observation bien répartis ;
 - Laisser les plantes atteindre leur point de flétrissement permanent ;
 - Déterminer la profondeur de terre asséchée quand survient le flétrissement permanent. C'est le niveau critique de dessèchement du sol.
 - Déterminer approximativement le niveau d'arrosage qui sera situé quelque peu en dessus du niveau critique de dessèchement, suivant les cultures. C'est la profondeur à laquelle il est possible de laisser le sol se dessécher jusqu'à son point de flétrissement, sans que la prospérité des cultures soit sérieusement affectée ;
 - Calculer la quantité d'eau à fournir en tenant

compte la capacité utile du sol, la profondeur du niveau d'arrosage et la surface à irriguer ;

- Irriguer ;
- Contrôler, après ressuyage, la profondeur atteinte par l'eau, afin de vérifier si la dose est correcte ;
- Suivre l'assèchement progressif du sol par sondages ;
- Renouveler l'arrosage lorsque l'assèchement atteint le niveau d'arrosage.

8. Qu'est-ce que le débit en irrigation ? Quel est le rapport entre le débit, la dose d'arrosage et le temps ?

8.1. Qu'est-ce que le débit en irrigation ?

- Le débit est la quantité d'eau fournie en une unité de temps.
- Il s'exprime :
 - . en litres/seconde (l/sec) ;
 - . en litres/minute (l/mn) ; ou
 - . en mètres cubes/heure (m³/h).

8.2. Quel est le rapport entre le débit (DE), la dose d'arrosage (DO) et le temps (TS) ?

$$\text{Débit} = \frac{\text{Dose}}{\text{Temps}}$$

$$DE = \frac{DO}{TS}$$

ou $DO = DE \times TS$

* DE et DO doivent être exprimés en même unité de volume.

9. Comment le débit est-il calculé ?

9.1. En comptant le temps nécessaire pour remplir un récipient de capacité connue : (seau de 10 l; fût de 200 l).

$$\text{Débit} = \frac{\text{Capacité}}{\text{Temps}}$$

Exemple : Le temps nécessaire pour remplir un fût de 200 l est 50 secondes. Le débit est donc :

$$\frac{200}{50} = 4 \text{ l/sec}$$

9.2. En mesurant la hauteur d'eau évacuée pendant un temps donné d'un réservoir de capacité connue étant soumis à vidange.

$$\text{Débit} = \frac{(\text{Capacité}) \times (\text{hauteur d'eau évacuée})}{(\text{Hauteur du réservoir}) \times \text{temps}}$$

Exemple : Un réservoir qui a une capacité de 45 m³ et une hauteur de 5 m est soumis à vidange. On remarque que la hauteur d'eau évacuée pendant 3h est 4 m. Le débit est donc :

$$\frac{45 \times 4}{5 \times 3} = 12 \text{ m}^3/\text{h}$$

9.3. En se basant sur la vitesse du courant et la section du canal

- Le débit est déterminé par le rapport :

$$\text{Débit} = \text{Section} \times \text{Vitesse}$$

- La vitesse du courant (VI) est déterminée par le procédé suivant :

- Le long du canal d'irrigation, on détermine deux repaires de distance DI. Un flotteur est déposé en aval du premier repaire ; il est entraîné par le courant. On mesure le temps TS qui s'est écoulé entre les passages respectifs du flotteur au premier et au deuxième repaire. La vitesse du courant est donc :

$$VI \text{ (m/sec)} = \frac{DI \text{ (mètres)}}{TS \text{ (secondes)}}$$

- Exemple : La section du canal est 1,50 m de largeur et 0,40 m d'hauteur. La distance entre les deux repaires est 10 m et le temps nécessaire pour les passages du flotteur est 20 secondes.

• Section du canal (S) :

$$S = 1,50 \times 0,40 = 0,60 \text{ m}^2$$

• Vitesse du courant (VI) :

$$VI = \frac{10}{20} = 0,50 \text{ m/sec}$$

• Débit = S x VI

$$= 0,60 \times 0,50 = 0,30 \text{ m}^3/\text{sec}$$

ou 300 l/sec

9.4. En tenant compte du diamètre du siphon de distribution et de la différence de niveau d'eau dans le canal et dans la raie.

Débit théorique des siphons, en mètres cubes/heure

Différence de niveau en cm	Diamètre du siphon, en millimètres							
	5	9	14	20	26	32	35	50
100	0,31	1,00	2,40	4,90	8,28	12,50	15,0	30,7
50	0,22	0,69	1,70	3,48	5,85	8,75	10,6	21,7
25	0,15	0,49	1,20	2,46	4,14	6,28	7,5	15,3
20	0,14	0,47	1,13	2,32	3,90	5,92	7,0	14,3
15	0,12	0,38	0,93	1,90	3,20	4,84	5,8	11,8
10	0,09	0,31	0,75	1,56	2,61	3,96	4,6	9,4
5	0,07	0,22	0,54	1,10	1,85	2,80	3,3	6,7

IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

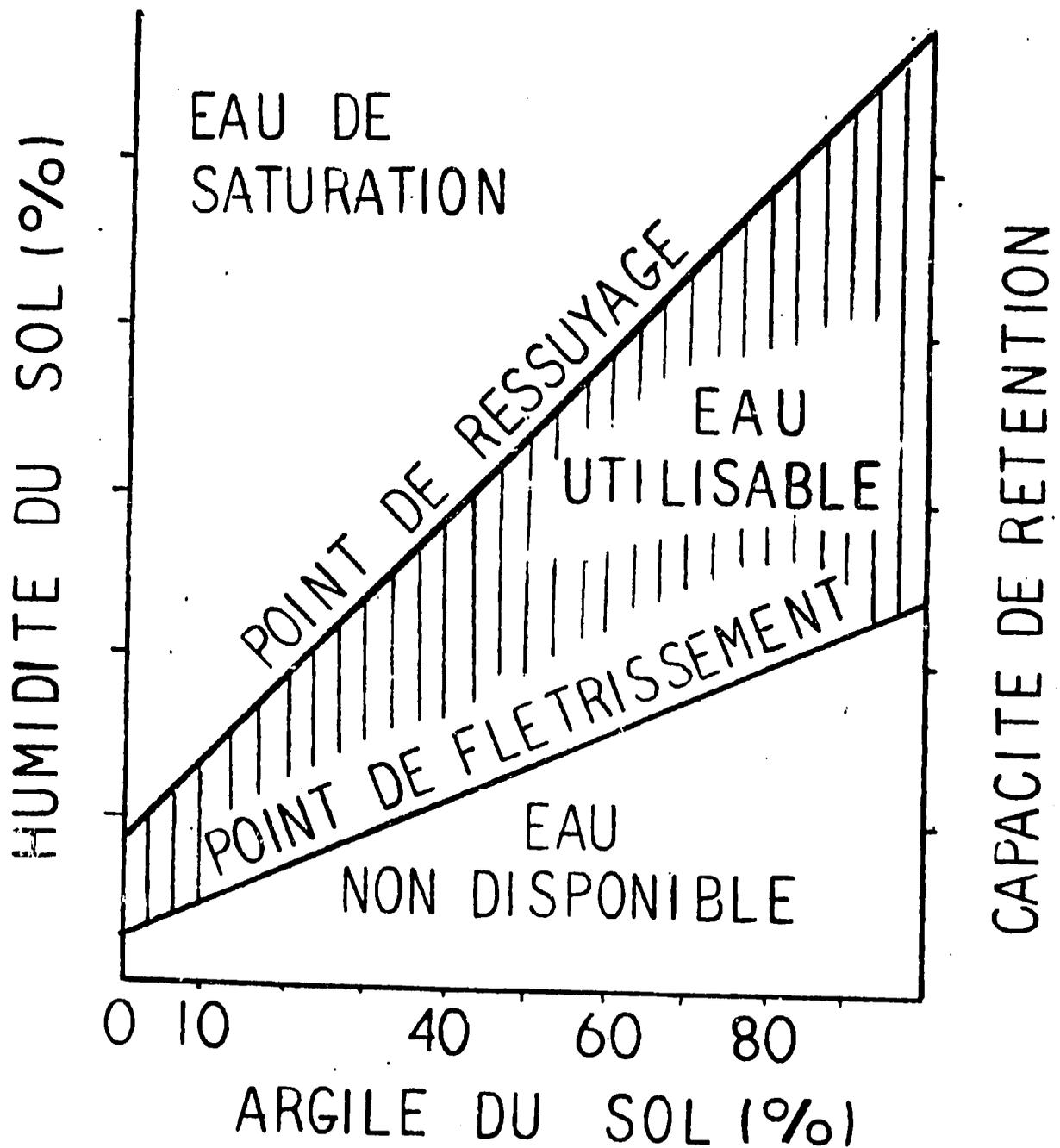
1. Disposer un cadre en bois 50 cm de longueur, 50 cm de largeur et 10 cm d'hauteur sur le sol, puis verser à l'intérieur une dose de 12,5 litres d'eau sur différents sols. Observer après infiltration de l'eau, la partie mouillée du sol.
2. Après une pluie (24 heures) effectuer un sondage à la bêche ou à la sonde pour déterminer la profondeur d'imbibition du sol. Par ce procédé, on remarque donc quelle quantité d'eau (pluie ou arrosage) il faut que reçoive un sol pour que les racines des plantes en profitent.

3. Effectuer des sondages à la bêche ou à la sonde pour étudier la profondeur d'enracinement des différentes plantes.
4. Démontrer comment faire les déterminations approximatives de la capacité utile en eau du sol et de la dose d'arrosage.
5. Démontrer comment déterminer de façon pratique la période d'arrosage.
6. Donner des exercices pour faire calculer par les élèves les doses d'arrosage et le débit.

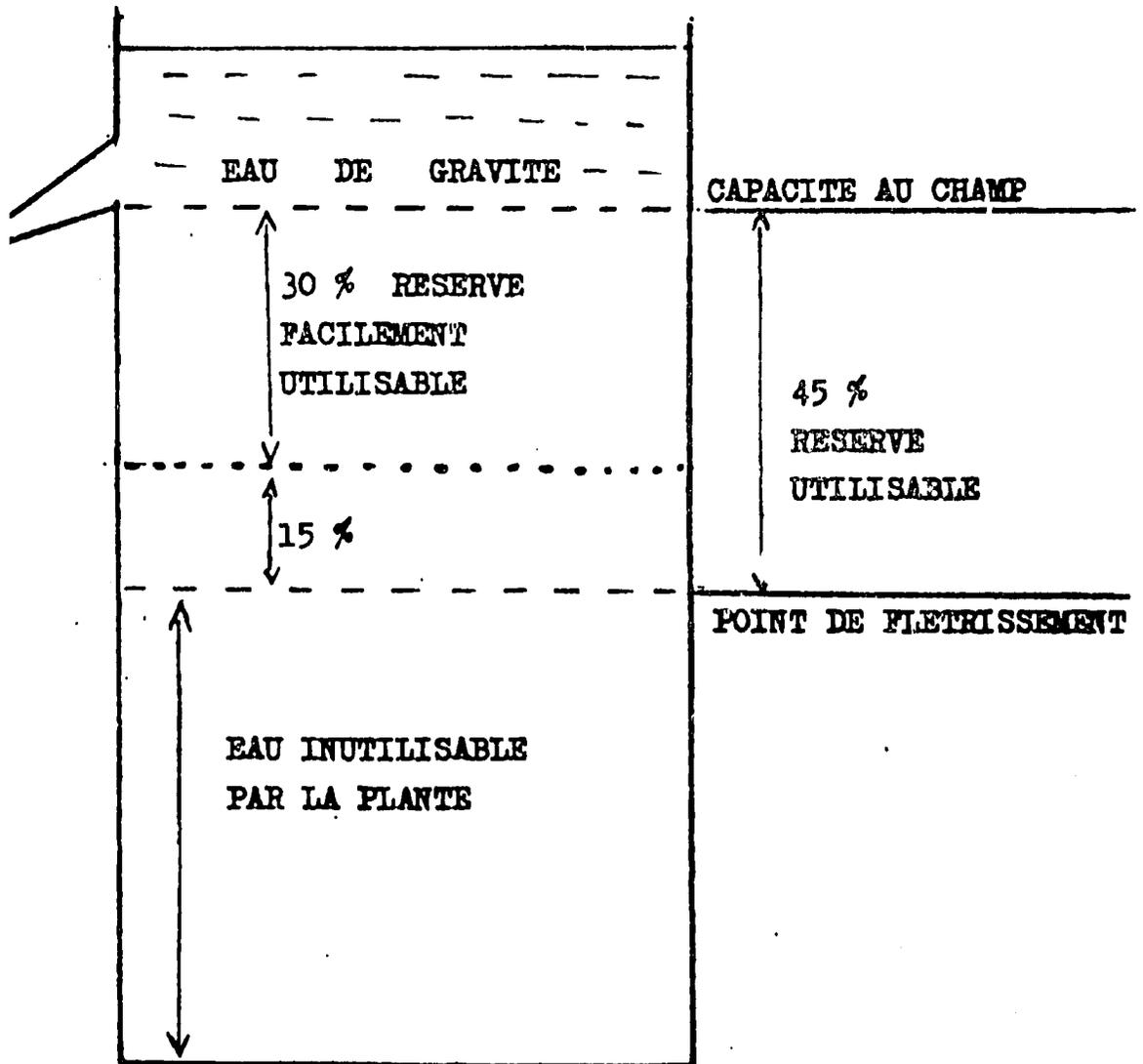
V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. B.I.T. - Travail, aménagement et utilisation des sols - DNFAR, Bamako, 1972.
2. Ministère de la Coopération - Mémento de l'agronome - Ministère de la Coopération, Paris ; troisième édition ; 1980.
3. Esbour (H) et Deloye (M) - Irrigation de la surface et par aspersion - Maison Rustique, Paris ; 1971.

EAU UTILISABLE PAR LA PLANTE SUIVANT LA TENEUR EN ARGILE DU SOL



LE SOL : RESERVOIR D'EAU POUR LA PLANTE

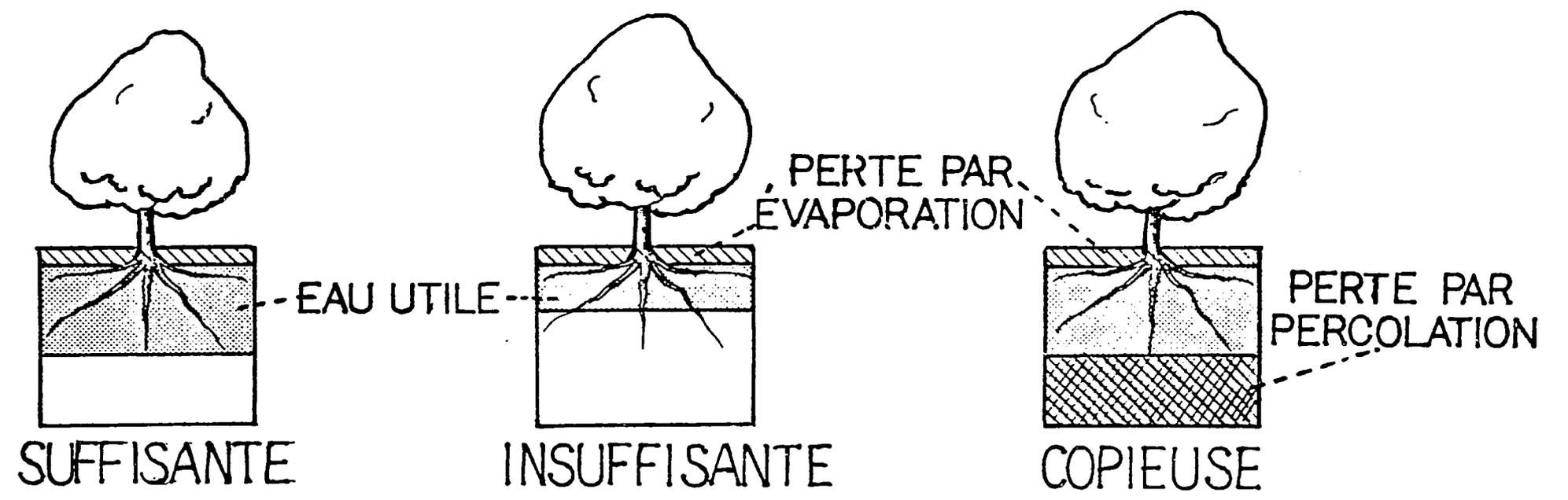


INFLUENCE DES CONDITIONS PHYSIQUES
DU SOL SUR L'EFFICACITE DE L'IRRIGATION

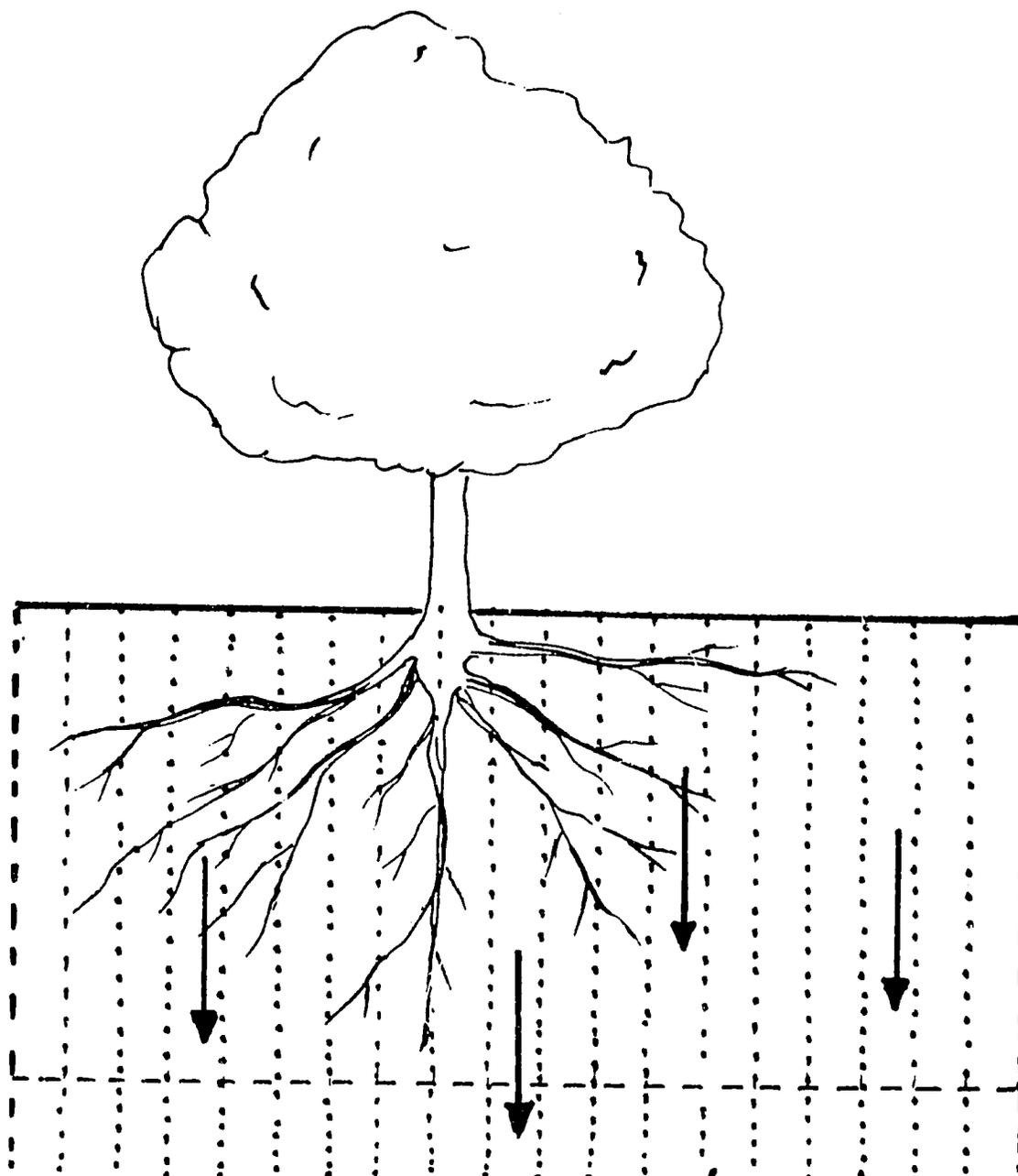
	SOL SABLEUX	SOL MOYEN	SOL ARGILEUX
PERTE			
- PAR RUISSELLEMENT.....	5 %	25 %	30 %
- PAR PERCOLATION.....	40 %	10 %	5 %
- DANS LES CANAUX.....	15 %	5 %	2 %
TOTAL DES PERTES.....	60 %	30 %	37 %
EFFICACITE DE L'IRRIGATION.....	40 %	70 %	63 %

Source : Mémento de l'Agronome - Ministère de la Coopération,
Paris ; 1980.

DOSE D'ARROSAGE

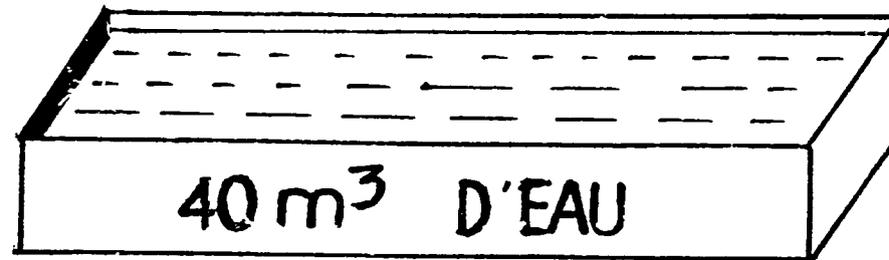


EFFET NÉFASTE DES IRRIGATIONS TROP COPIEUSES EN SOL PERMÉABLE



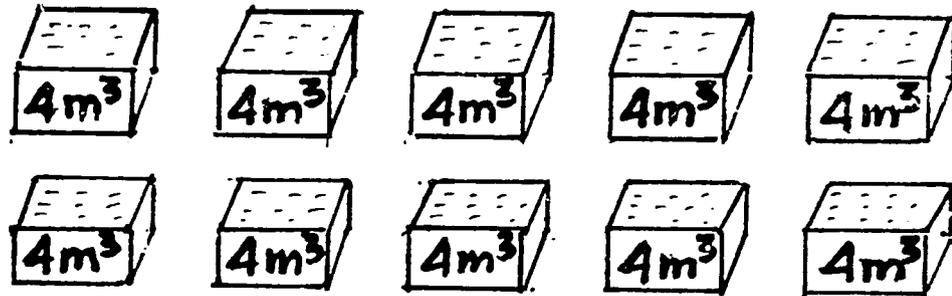
SELS NUTRITIFS ENTRAÎNÉS EN
PROFONDEUR, HORS DE PORTÉE
DES RACINES.

INFLUENCE DE LA TEXTURE DU SOL SUR LA DOSE D'ARROSAGE



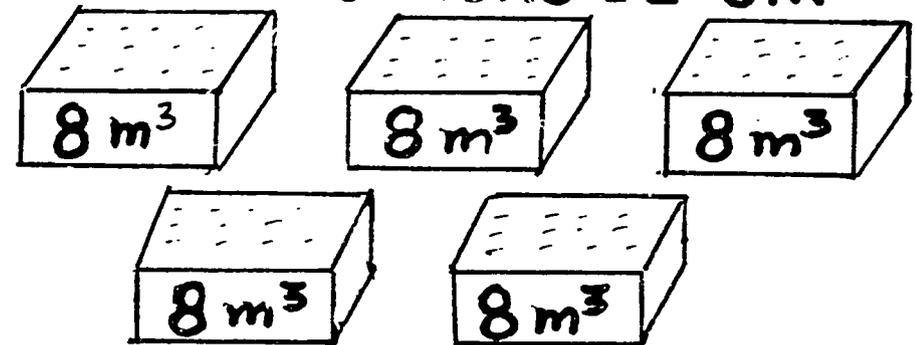
PAR ARBRE ET PAR AN
SE RÉPARTISSENT EN :

10 IRRIGATIONS DE 4 m³



DANS UN SOL LÉGER

5 IRRIGATIONS DE 8 m³



DANS UN SOL LOURD

PROFONDEUR DE L'ENCADREMENT
(Profondeur en mètres)

SUPERFICIELLE	MOYENNE	PROFONDE
HARICOT : 0,5 - 0,7	CARROTTE : 0,5 - 1,0	COTONNIER : 1,0 - 1,7
CHOU : 0,4 - 0,5	AUBERGINE : 0,9 - 1,2	MAIS : 1,0 - 2,0
LAITUE : 0,3 - 0,5	POIS : 0,6 - 1,0	SORGHO : 1,0 - 2,0
OIGNON : 0,3 - 0,5	PATATE : 0,5 - 1,0	CANNE A SUCRE : 1,0 - 2,0
RIZ : 0,5 - 0,7	TOMATE : 0,7 - 1,5	
	PASTEQUE : 1,0 - 1,5	

UNITE 7

L'ASSAINISSEMENT AGRICOLE

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

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

- de reconnaître une terre humide et ses inconvénients ;
- de décrire les principaux avantages du drainage ;
- d'identifier les caractéristiques principales du drainage par fossés ouverts et du drainage par tuyaux enterrés ;
- de proposer les interventions pour dessaler une terre.

II. QUESTIONS D'ETUDE

1. Comment reconnaître une terre trop humide ?
2. Pourquoi les sols humides ne conviennent-ils pas généralement à l'exploitation agricole ?
3. Qu'est-ce que l'assainissement agricole ?
4. Pourquoi le drainage est-il avantageux ?
5. Quelles sont les caractéristiques principales du drainage par fossés ouverts ?
6. Quelles sont les caractéristiques principales du drainage par tuyaux enterrés ?
7. Pourquoi et comment dessaler le sol ?

III. DISCUSSION

1. Comment peut-on reconnaître une terre trop humide ?

- a. La terre est plus ou moins élastique, elle cède sous les pieds, même lorsque le temps est sec.
- b. Les pieds y forment, après une pluie, de petites civettes où l'eau s'accumuler.
- c. La terre est grasse et s'attache aux pieds.
- d. Quelques heures après la pluie, on trouve de l'eau dans les parties les plus basses du terrain, et, au bout de quelques jours, ce terrain est encore humide.

2. Pourquoi les sols humides ne sont-ils pas généralement convenables à l'exploitation agricole ?

- a. Imperméable à l'air ;
- b. Difficile à travailler ;
- c. Résistant à la pénétration des racines ;
- d. Favorable au développement de certaines maladies des plantes.

3. Qu'est-ce que l'assainissement agricole ?

3.1. Définition

- L'assainissement agricole est une opération qui a pour but la mise en valeur des terres humides, insalubres et le dessèchement des étangs, lacs, marais et marécages.
- Il consiste à enlever l'excès des eaux en surface ou souterraines qui les rend humides et empêche soit de les mettre en culture, soit d'en obtenir

des récoltes abondantes et de qualité qu'elles seraient susceptibles de produire si elles étaient saines.

3.2. Différentes techniques d'assainissement

- a. Aménagement des émissaires : Les émissaires constituent l'exutoire des réseaux de drainage. Ils sont constitués soit par une rivière naturelle, soit par un canal artificiel. Ils sont calibrés et profilés et évacuent les eaux excédentaires hors du périmètre.
- b. Assèchement : Opération à effectuer sur des zones à l'intérieur desquelles les durées de submersion interdisent toute mise en culture (marais).
- c. Drainage : Technique englobant tous les travaux ayant pour l'objet l'évacuation intensive dans des délais déterminés et courts des eaux excédentaires.

4. Pourquoi le drainage est-il avantageux ?

Le drainage :

- aère le sol,
- modifie la constitution physique du sol,
- favorise la nitrification,
- permet aux terres argileuses de mieux résister à la sécheresse,
- assure une pénétration plus profonde des racines,
- facilite la culture du sol,
- amène la disparition des plantes adventices et des maladies cryptogamiques.

5. Quelles sont les caractéristiques du drainage par fossés ouverts ?

5.1. Définition

- Le drainage par fossés ouverts consiste à ouvrir sur les parcelles à assainir des fossés-drains superficiels se déversant dans des fossés collecteurs qui acheminent l'eau vers un émissaire.
- Réseau régulier : La zone à drainer est couverte d'un canevas de fossés, régulièrement écartés et orientés.
- Réseau irrégulier : Les fossés ne sont placés que dans les endroits où l'eau a naturellement tendance à venir se rassembler. Leur tracé est d'allure irrégulière.

5.2. Eléments du réseau

a. Les canaux de ceinture

- Ils ont pour but de protéger le périmètre contre les eaux extérieures qui ruissellent sur les versants.
- Leur pente doit être régulière et suffisante pour éviter les dépôts de matière en suspension.

b. Les drains ou petits fossés

- Ils sont destinés à recueillir les eaux excédentaires des terres à assainir et les conduisent aux collecteurs.
- Ils sont dirigés transversalement à la plus grande pente du terrain avec une légère inclinaison sur les courbes de niveau.

105

c. Les collecteurs

- Collecteurs secondaires : Ils recueillent les eaux des fossés et les véhiculent vers le collecteur principal.
- Collecteur principal : Il reçoit les eaux des collecteurs secondaires et les véhicule jusqu'au point bas du périmètre à assainir, où il débouche dans l'émissaire.

5.3. Conditions d'emploi

a. Inconvénients

- Perte de terrain ;
- Augmentation des frais d'exploitation ;
- Entretien très onéreux de tout le réseau des fossés.

b. Différents cas d'emploi

- Evacuation rapide de grands volumes d'eau superficielle ;
- Assainissement et irrigation combinés ;
- Très faible pente du terrain à assainir ;
- Drainage des terrains de faible valeur ;
- Drainage de forêts.

6. Quelles sont les caractéristiques du drainage par tuyaux enterrés ?

6.1. Définition

- Le drainage par tuyaux enterrés consiste à disposer dans le sol un réseau de tuyaux pour l'aérer et l'assainir.

- Les tuyaux étaient autrefois en poterie, ils sont maintenant en matière plastique (polychlorure de vinyle).
- Système régulier ou parallèle : Les tuyaux de petit diamètre, appelés drains, sont disposés en lignes parallèles les unes aux autres.
- Système irrégulier : Les drains ne sont pas disposés parallèlement les uns aux autres d'une manière continue.

6.2. Éléments du réseau

- a. Les drains : Composés de tuyaux de petit diamètre, prennent directement l'eau du sol et la conduisent aux collecteurs.
- b. Les collecteurs : Composés de tuyaux de diamètres plus importants.
 - Collecteurs secondaires : Ils recueillent les eaux des drains ou des autres collecteurs et les véhiculent vers le collecteur principal.
 - Collecteur principal : Il rassemble finalement toutes les eaux de la surface considérée, se terminent par un ouvrage appelé "bouche" et se jette dans un émissaire.
- c. Le système : C'est l'ensemble des drains et des collecteurs qui se jettent les uns dans les autres et se réunissent pour obtenir à une même bouche.

7. Pourquoi et comment dessaler le sol ?

7.1. Pourquoi dessaler le sol ?

- Certains sels, principalement le sodium, peuvent

s'accumuler dans le sol et être ou devenir un obstacle à la culture.

- Il en existe des cas typiques dans les terrains gagnés sur la mer (Polders de Hollande) ou sur certains lacs situés en régions sub arides (Polders du lac Tchad) ou dans certaines régions arides (Nord du Mali).

7.2. Où l'excès de sel se situe-t-il ?

- Dans l'eau d'arrosage ;
- Dans le sol : en surface ou en profondeur.

7.3. Quelles interventions doit-on faire ?

- a. Usage d'eaux douces pour le dessalement des terres ;
- b. Préférence pour les cultures de saison pluvieuse ;
- c. Préférence pour les plantes résistantes au sel (riz) ;
- d. Apport de matières organiques qui éliminent le sodium par nitrification ;
- e. Apport de gypse (sulfate de chaux naturel) pulvérisé pour solubiliser le sodium.

IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Montrer aux élèves les caractéristiques d'une terre très humide sur le terrain après une pluie ou un arrosage.
2. Démontrer les effets nuisibles d'une terre trop humide sur le développement des plantes par l'expérience suivante :

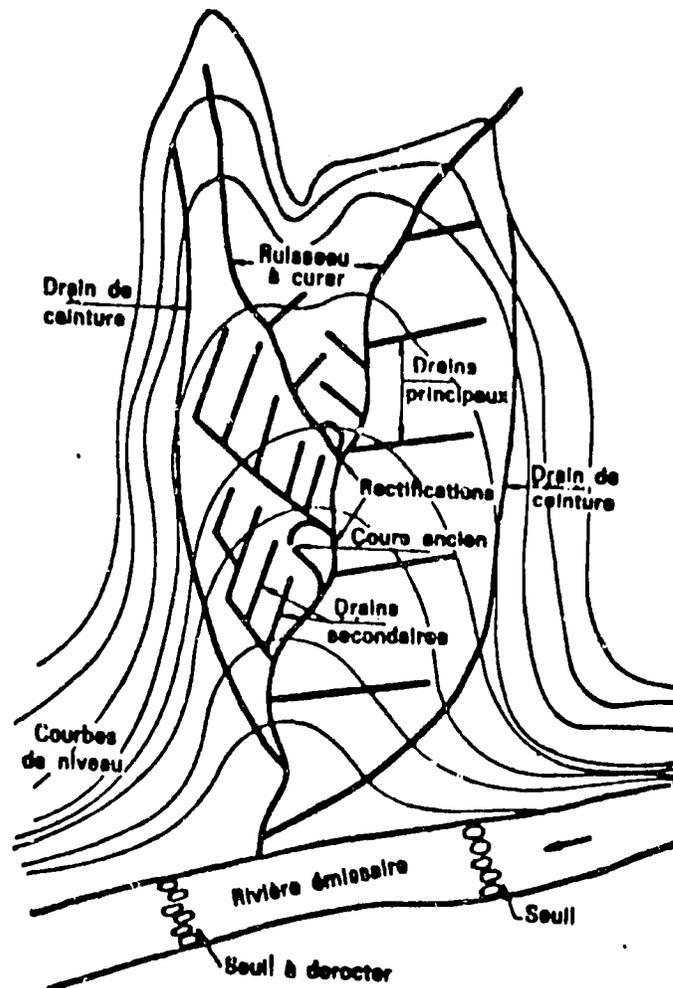
- Prendre 6 boîtes de lait vides de même dimension : trois d'elles avec des trous dans leur base ; les autres sans trous.
- Dans chaque boîte, mettre un même volume d'une même terre, puis transplanter une jeune plante de maïs, mil ou pois.
- Verser un demi-litre d'eau dans chaque boîte. Noter le drainage dans les boîtes avec trous et l'excès d'eau dans les boîtes sans trous.
- Observer le développement végétatif des plantes pendant les jours suivants en s'assurant que la terre dans les boîtes avec trous contient assez d'eau et que la terre dans les boîtes sans trous est submergée sous l'eau.
- Après une semaine, arracher soigneusement les plantes et observer la profondeur et le volume des racines.
- Discuter les résultats.

V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Ministère de la Coopération - Mémento de l'agronome - Ministère de la Coopération, Paris ; troisième édition, 1980.
2. Poirée (M) et Ollier (C) - Assainissement agricole - Editions Eyrolles, Paris ; quatrième édition, 1973.

129

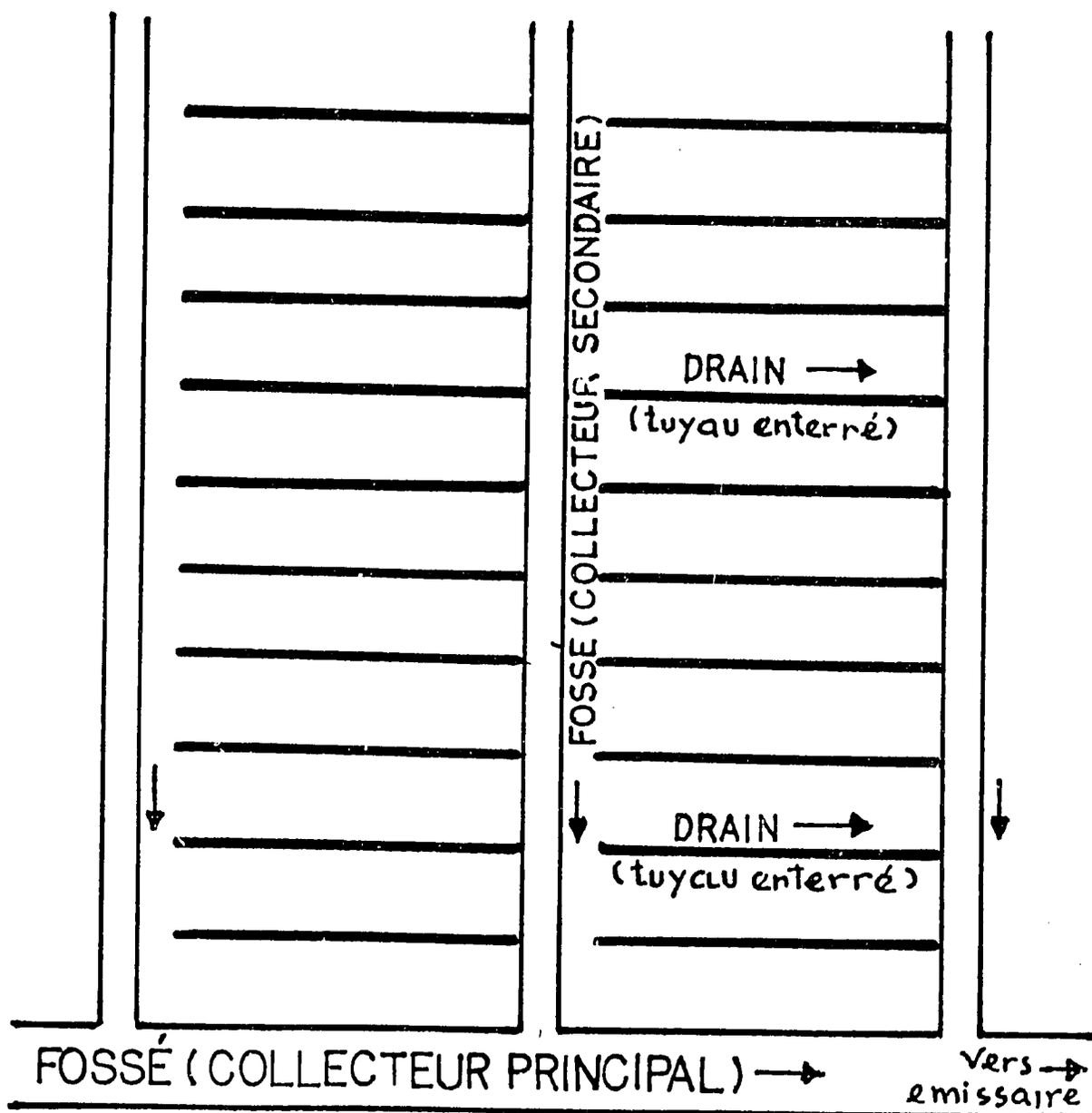
DRAINAGE PAR FOSSES OUVERTES



SCHEMA D'UN RESEAU DE DRAINAGE

Extrait du Mémento de l'Agronome - Ministère de la
Coopération, Paris ; 1980.

DRAINAGE PAR TUYAUX ENTERRÉS



DRAINAGE DIRECT : LES DRAINS DEBOUCHENT
DANS LES FOSSÉS.

UNITE 8

ASSOLEMENT, CONSERVATION ET UTILISATION OPTIMALE DE L'EAU DU SOL

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

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

- de définir l'assolement et la rotation ;
- de décrire les buts de l'assolement ;
- d'identifier les facteurs qui influencent le choix d'un assolement ;
- de connaître les assolements préconisés au Mali ;
- de décrire les techniques de conservation et d'utilisation optimale de l'eau du sol.

II. QUESTIONS D'ETUDE

1. Qu'est-ce que l'assolement ? la rotation ? Quelle est la relation entre eux ?
2. Quels sont les buts de l'assolement ?
3. De quels facteurs dépend le choix d'un assolement ?
4. Quels sont les assolements préconisés au Mali ?
5. Comment peut-on réaliser la conservation et l'utilisation optimale de l'eau du sol ?

III. DISCUSSION

1. Qu'est-ce que l'assolement ? la rotation ? Quelle est la relation entre eux ?

1.1. Qu'est-ce que l'assolement ?

- L'assolement est la distribution de la surface exploitée entre les différentes cultures qui y sont pratiquées.
- Le champ est divisé en parcelles, de surfaces différentes souvent correspondantes à la totalité des cultures pratiquées sur l'exploitation. Chaque parcelle est dénommée "sole".
- Les cultures d'une sole sont déplacées chaque année sur le terrain, et la disposition des soles est reprise dans le plan d'assolement.

1.2. Qu'est-ce que la rotation ?

- La rotation est la succession de diverses plantes sur un même terrain pendant une période d'années déterminée au bout de laquelle on reprend la même succession de plantes et dans le même ordre.

1.3. Quelle est la relation entre l'assolement et la rotation ?

- La rotation correspond à la durée de l'assolement avec un ordre de succession déterminée pour les cultures.

2. Quels sont les buts de l'assolement ?

- a. Eviter l'épuisement d'une couche de sol par la répétition d'une même culture qui a des exigences spécifiques (exploitation du même niveau du sol par les racines).
- b. Eviter l'appauvrissement du champ dans un ou l'autre élément nutritif ; d'où déséquilibre nutritif et carence.

- c. Lutter contre les mauvaises herbes.
- d. Lutter contre les ennemis et parasites des cultures, spécifiques à cette culture sinon pullulation.
- e. Permettre une meilleure répartition des travaux culturaux.

3. De quels facteurs dépend le choix d'un assolement ?

3.1. Facteurs écologiques

- a. Climat : En climat sec, les possibilités de l'assolement sont plus réduites, d'une part parce que le nombre de cultures possibles diminue et d'autre part, parce que le sol se régénère moins vite.
- b. Sol : Les propriétés physiques et chimiques du sol peuvent influencer le choix des cultures et la durée de la rotation.
- c. Milieu biologique : L'existence de certains ennemis et parasites des plantes peut limiter le choix de telles ou telles cultures.

3.2. Facteurs techniques

- a. Équipement et matériel : Le choix d'un assolement peut dépendre de la disponibilité de certains équipements et matériels pour les cultures choisies. On considère aussi le plein emploi des équipements.
- b. Main-d'œuvre et organisation du travail : Il faut prendre en considération la quantité et les qualifications de main-d'œuvre, et l'utilisation optimale du personnel attaché à l'exploitation.

c. Rotation : Il s'agit de l'influence de la succession des cultures les unes derrière les autres. Le souci du "bon précédent" incite parfois l'exploitant à maintenir ou à augmenter certaines soles essentiellement pour favoriser la ou les cultures suivantes et souvent à modifier le plan d'assolement initial.

3.3. Facteurs économiques

- a. Prix des produits : On choisit les cultures dont les produits peuvent être vendus aux prix désirés.
- b. Facilité de commercialisation : L'existence des coopératives agricoles ou des organismes de vente peut influencer le choix d'un assolement.
- c. Capitaux disponibles : L'assolement peut exiger de lourds investissements.

4. Quels sont les assolements préconisés au Mali ?

4.1. Zone cotonnière

a. Assolement avec coton, maïs et sorgho

1ère année : Coton
2ème année : Maïs
3ème année : Coton
4ème année : Sorgho

b. Assolement avec coton, maïs, arachide et sorgho

1ère année : Coton
2ème année : Maïs
3ème année : Arachide
4ème année : Coton
5ème année : Sorgho

* L'apport de la fumure organique et minérale devient un impératif.

4.2. Zone arachidière

1ère année : Arachide (avec engrais)

2ème année : Sorgho ou mil

3ème année : Arachide (avec engrais)

4ème année : Sorgho ou mil

5. Comment peut-on réaliser la conservation et l'utilisation optimale de l'eau du sol ?

a. Effectuer des labours appropriés

- Le labour permet aux systèmes racinaires une exploitation plus complète des ressources hydriques du sol jusqu'à une assez grande profondeur.
- Il augmente la perméabilité du sol à l'eau et réduit les pertes d'eau par ruissellement (d'où érosion diminuée).

b. Cultiver des variétés adaptées

- Il faut adopter des variétés à cycle le plus court possible et physiologiquement résistantes à la sécheresse.
- Les plantes vivaces à racines profondes peuvent utiliser l'eau qui s'accumule profondément dans le sol à l'abri de l'évaporation.

c. Pratiquer le paillage (mulching)

- En plaçant des paillis à la surface du sol, on peut ralentir l'évaporation, qui est la cause de la perte de grandes quantités d'eau.
- Les bons matériaux à employer sont les résidus de végétaux comme la paille, la sciure de bois, l'écorce de bois ou les gousses d'arachide.

- La conservation de l'eau est optimale lorsque les résidus couvrent 90 % ou plus de la surface du sol.

d. Etablir des brise-vent

- Les brise-vent bien établis peuvent réduire les pertes de l'eau par l'évapotranspiration.

e. Appliquer la technique modifiée du "dry farming"

- La moitié des terrains est cultivée tandis que l'autre moitié est laissée nue pendant la saison des pluies ; aucune culture et sarclage répétés pour supprimer tous les adventices.

f. Réduire la vitesse de ruissellement par des sillons

- Si le ruissellement sur une pente est très rapide, on pourra effectuer des sillons plats ou presque plats pour réduire sa vitesse ; en ce faisant, l'eau de ruissellement pourra en grande partie être absorbée par la terre.

- Cette technique réduit aussi le danger par l'érosion.

g. Collecter l'eau de pluie au pied des versants de collines et dans des bassins artificiels.

- L'eau de pluie recueillie au pied des versants de collines et dans des bassins artificiels peut fournir des ressources d'eau supplémentaires à bas prix et de haute qualité pour les terres arides.

- La collecte de l'eau de pluie rend possible l'agriculture dans des zones à faible pluviométrie : les eaux de ruissellement collectées des versants sont utilisées pour la production agricole (complément d'eau).

h. Améliorer la fertilité du sol par fumure minérale et organique.

- L'apport de matière organique augmente la capacité de rétention en eau du sol.
- L'amélioration de la fertilité du sol favorise le bon développement de la plante et augmente ainsi l'efficacité de l'utilisation de l'eau par la plante.

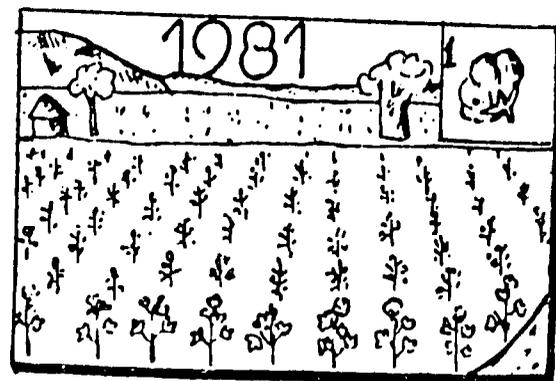
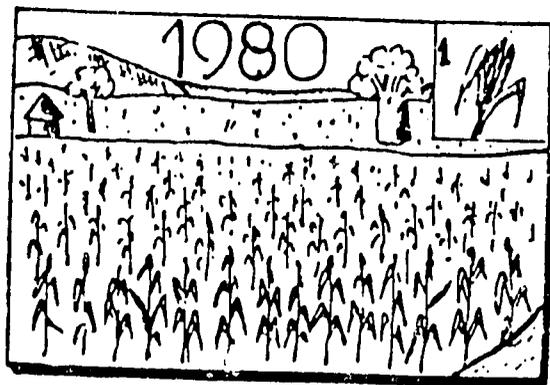
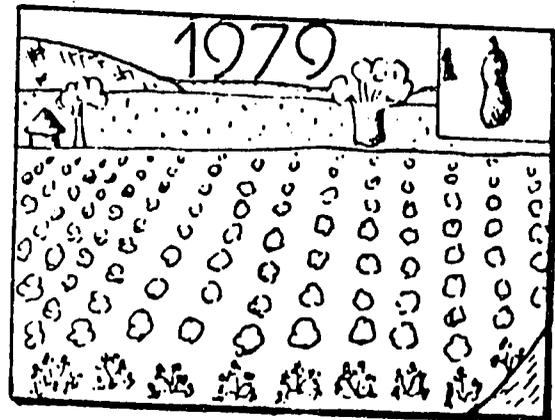
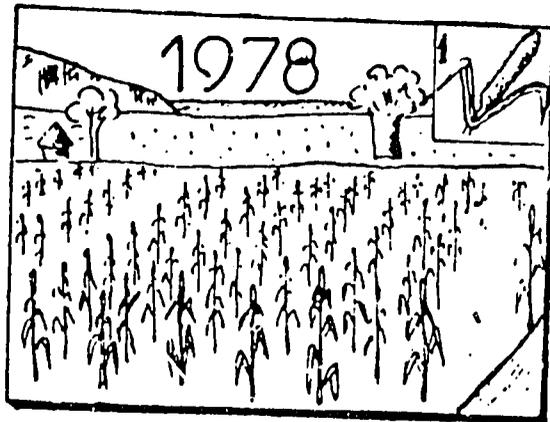
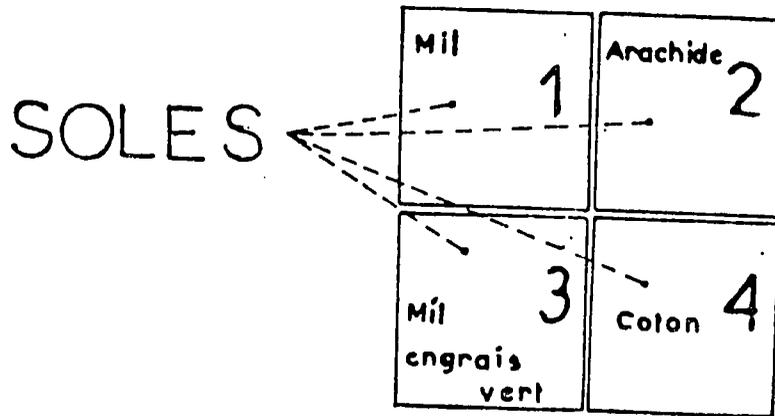
IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Utiliser les schémas pour la définition de l'assolement et de la rotation.
2. Demander aux élèves de décrire les assolements ou les rotations qu'ils ont vus dans leurs villages. Discuter les buts de l'assolement, les facteurs à prendre en considération pour le choix d'un assolement et les assolements préconisés au Mali.
3. Etablir et effectuer avec les élèves un plan d'assolement sur le champ de démonstration.

V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Angladette (A) et Deschamps (L) - Problèmes et perspectives de l'agriculture dans les pays tropicaux - G.P. Maisonneuve et Larose, Paris ; 1974.
2. B.I.T. - Travail, aménagement et utilisation des sols - DNVFAR, Bamako ; 1972.
3. Duthil (J) - Elément d'écologie et d'agronomie (Tome III) - J.B. Baillière, Paris ; 1973.

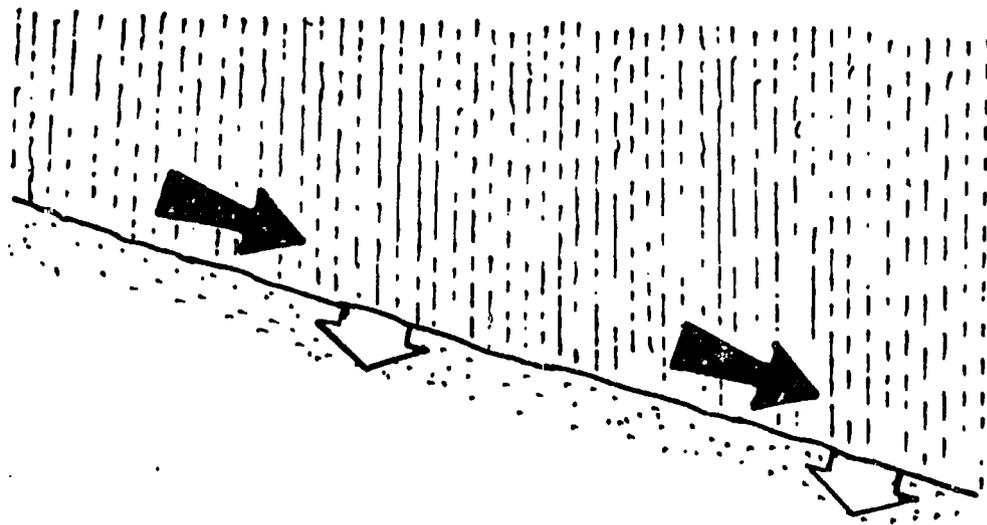
PLAN D'ASSOLEMENT



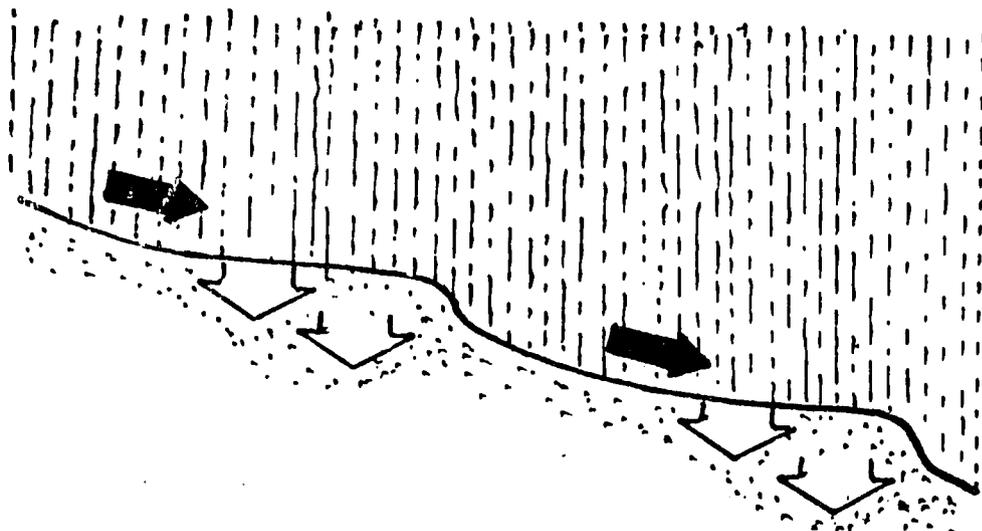
SUCCESSION DES CULTURES
SUR PARCELLE 1

119

REDUIRE LA VITESSE DE RUISSELLEMENT PAR DES SILLONS



PENTE SANS SILLONS



PENTE AVEC SILLONS PLATS