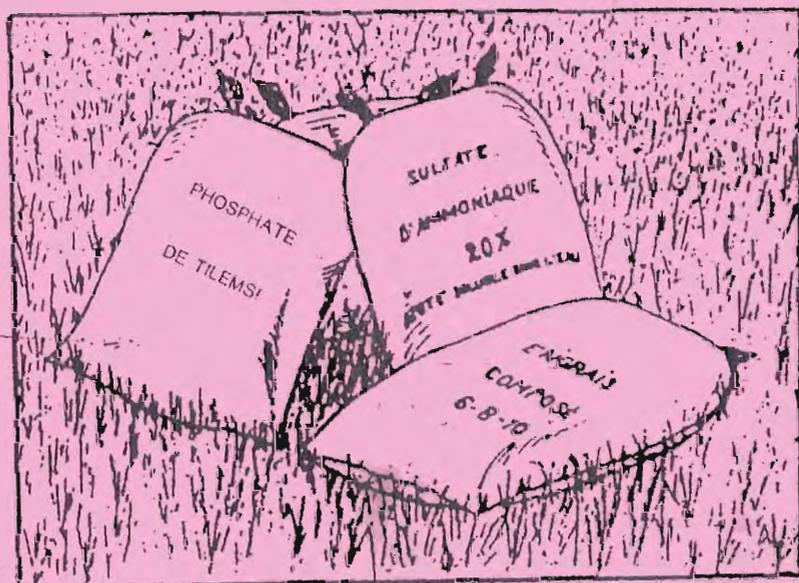


MINISTRE DE L'AGRICULTURE  
DIRECTION NATIONALE  
DE L'AGRICULTURE

REPUBLIQUE DU MALI

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

AGRICULTURE  
GENERALE



# FERTILISATION DES SOLS

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

PROJET C.A.A

SECID / USAID

1983

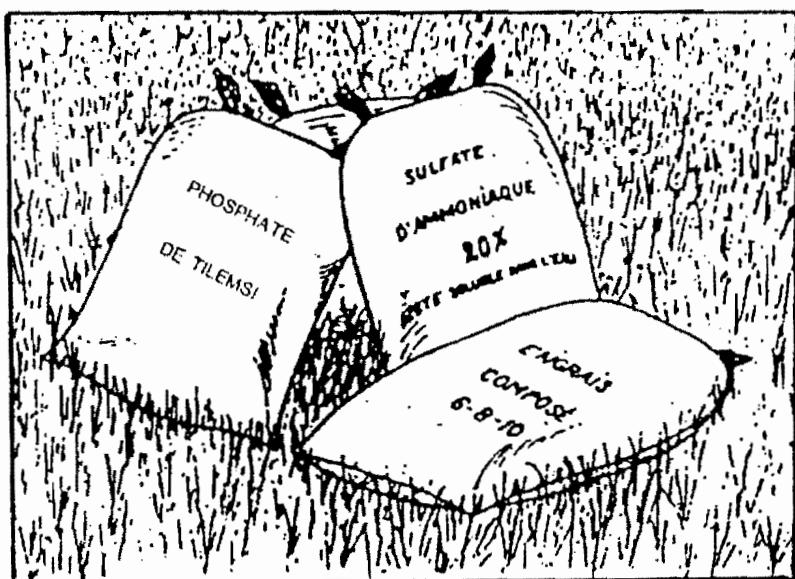


MINISTERE DE L'AGRICULTURE  
DIRECTION NATIONALE  
DE L'AGRICULTURE

REPUBLIQUE DU MALI

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

AGRICULTURE  
GENERALE



# FERTILISATION DES SOLS

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

PROJET CAA

SECID / USAID

1983



## AVANT PROPOS

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

Il est attendu que, à l'issue de ce cours, les élèves puissent reconnaître les caractéristiques et effectuer l'utilisation rationnelle des amendements et engrais vulgarisés. Il faut aussi que ceux-ci soient capables de calculer correctement les doses d'engrais préconisés pour une superficie donnée. Afin d'atteindre ces objectifs, il est essentiel que les études théoriques en classe soient renforcées par la pratique et l'observation sur le terrain.

Ce manuel a été élaboré par l'ensemble de l'équipe SECID/USAID avec la pleine collaboration des homologues maliens. Il a été revu par les chargés des cours de l'Agriculture générale des CAA et par le Chef de la Section Recherche de Méthodes de Vulgarisation et d'Encadrement à la Direction de l'Enseignement Technique Agricole et de la Formation Professionnelle. Il n'a pas la prétention d'être un ouvrage complet. D'autre part, il n'est pas "définitif" ; en effet, la découverte, chaque année, de nouveaux produits et la mise au point de nouvelles techniques, nécessitent son actualisation permanente.

-----

## TABLE DES MATIERES

<u>N° de l'unité</u>	<u>Thème traité</u>	<u>Page</u>
1	Généralités sur la fertilisation des sols.....	1
2	Amendements calcaires.....	11
3	Amendements organiques : Les fumiers.....	35
4	Amendements organiques : Les engrais verts et la jachère.....	56
5	Généralités sur les engrais et les besoins alimentaires des plantes.....	66
6	Engrais azotés.....	76
7	Engrais phosphatés.....	95
8	Engrais potassiques.....	112
9	Engrais composés.....	125
10	Eléments secondaires et oligo-éléments	136
11	Conditionnement, conservation et épandage des engrais.....	145
12	Lois générales de fertilisation.....	158
13	Facteurs de rendements des cultures et rentabilité des engrais.....	167

## UNITE 1

### GENERALITES SUR LA FERTILISATION DES SOLS

#### I. OBJECTIFS DE L'UNITE

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

- de décrire l'objet de la fertilisation des sols ;
- de distinguer la différence entre un amendement et un engrais et donner des exemples d'amendements et d'engrais ;
- de donner des raisons pour lesquelles la fertilisation des sols est importante en agriculture au Mali.
- d'identifier les caractéristiques d'une bonne terre.

#### II. QUESTIONS D'ETUDE

1. Qu'est-ce que la fertilisation du sol ?
2. Quel est l'objet spécifique de la fertilisation ?
3. Comment les amendements sont-ils distingués des engrais ?
4. Pourquoi la fertilisation des sols joue-t-elle un rôle important dans la production agricole au Mali ?
5. Quelles sont les caractéristiques d'une bonne terre en agriculture ?

### III. DISCUSSION

#### 1. Qu'est-ce que la fertilisation du sol ?

- La fertilisation est la création ou l'amélioration de la fertilité d'un sol par l'apport des matières fertilisantes (amendements, engrais), qui modifient les propriétés physiques, chimiques et biologiques de celui-ci, de façon à assurer la pérennité d'un milieu "sol" où les cultures trouvent des conditions optimales de végétation.

#### 2. Quel est l'objet principal de la fertilisation du sol ?

- La fertilisation a principalement pour objet :
  - . la correction du pH du sol ;
  - . le maintien du taux d'humus à un niveau satisfaisant ;
  - . l'entretien ou la création des réserves suffisantes d'éléments minéraux assimilables dans le sol.

#### 3. Comment les amendements sont-ils distingués des engrais ?

##### 3.1. Qu'est-ce que les amendements ?

- Ce sont des substances incorporées au sol pour améliorer, en bloc, ses propriétés physiques, chimiques et biologiques.
- Les amendements agissent sur le pH du sol, sur sa teneur en humus, sur l'élimination des éléments gênants (comme le sodium), sur la

modification de la teneur en argile, sur l'amélioration des possibilités de travail du sol et sur la structure.

- Les amendements se caractérisent par l'importance des quantités mises en oeuvre, de plusieurs tonnes à plusieurs dizaines de tonnes par hectare.

- Exemples des amendements :

. Les amendements calcaires, dont le rôle est de régulariser l'état ionique de la solution du sol et du complexe argilo-humique, créant ainsi un milieu favorable à l'activité biologique et à la nutrition des plantes.

. Les amendements organiques, qui servent de support et d'aliment aux micro-organismes et sont la source de l'humus du sol.

. Le sable, dont l'apport allège la texture des sols trop argileux, dans les exploitations maraîchères ou horticoles.

. L'argile des marnes, qui, outre le calcium, apporte aux sols trop sableux un peu des colloïdes qui leur manquent.

### 3.2. Qu'est-ce que les engrais ?

- Ce sont des substances dont la fonction principale est d'apporter aux végétaux des éléments qui leur sont directement utiles.

- Suivant leur nature, ils participent plus ou moins rapidement à la nutrition des cultures, en fournissant des éléments fertilisants majeurs (azote, phosphore, potassium), des éléments fertilisants secondaires (calcium, soufre, magnésium, etc...) et des oligo-éléments.

- Les engrais sont généralement apportés au sol en quintaux par hectare.

- Exemples des engrais :

- . Les engrais azotés, qui apportent de l'azote aux cultures.
- . Les engrais phosphatés, qui apportent du phosphore.
- . Les engrais potassiques, qui apportent du potassium.

4. Pourquoi la fertilisation des sols joue-t-elle un rôle important dans la production agricole au Mali ?

- a. Les sols du Mali sont souvent légers et pauvres en humus ;
- b. Le problème d'acidification et d'érosion des sols devient de plus en plus grave ;
- c. La plupart des sols cultivés présentent une carence en phosphore et des faibles teneurs en azote et en potassium assimilable ;
- d. Les apports d'azote et de phosphore ont augmenté les rendements des cultures.
- e. L'utilisation rationnelle de la fertilisation est un des leviers le plus puissant pour l'accroissement de la production agricole et l'élévation de la productivité.

5. Quelles sont les caractéristiques d'une bonne terre en agriculture ?

- En général, une bonne terre doit posséder les caractéristiques suivantes :
- a. Une texture convenable aux cultures cultivées sur la terre ;
- b. Une structure stable ;
- c. Une bonne aération ;
- d. Une teneur haute en matières organiques ;
- e. Des réserves suffisantes d'éléments nutritifs assimilables pour des plantes ;
- f. Des conditions chimiques favorisant les activités microbiennes et la nutrition des plantes (pH, par exemple).

IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Montrer aux élèves des divers échantillons d'amendements et d'engrais. Demander aux élèves de distinguer la différence entre les amendements et les engrais.
2. Apporter en classe des échantillons de terres qui possèdent des qualités variées de fertilité. D'abord, avec la participation de la classe, lister sur le tableau les caractéristiques d'une bonne terre. Ensuite, diviser la classe en quatre groupes et demander à chaque groupe de classer les échantillons de terre selon leurs qualités de fertilité.

Comparer et discuter les résultats.

V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. B.I.T. - Cours de Fertilisation des Sols. Institut d'Economie Rurale. Bamako, 1972.
2. Gros, André - Engrais - Guide pratique de la fertilisation. La Maison Rustique. Paris, 1979.
3. Soltner, Dominique - Les Bases de la Production Végétale, Tome 1 - Le Sol. Collections Sciences et Techniques Agricoles. Sainte-Gemme-sur-Loire, 1982.

# L'OBJET DE LA FERTILISATION

1. CORRIGER LE  $\text{pH}$
2. MAINTENIR LE TAUX  
SATISFAISANT D'HUMUS
3. ENTRETENIR ou CRÉER  
DES RÉSERVES SATIS-  
FAISANTES D'ÉLÉMENTS  
NUTRITIFS ASSIMILABLES

## EXPORTATION D'ÉLÉMENTS MINÉRAUX PAR UN ASSOLEMENT COTON-SORGHO-ARACHIDE

Culture	Rendement kg/ha	Exportation par récolte kg/ha			Exportation par résidus kg/ha			EXPORTATION TOTALE kg/ha		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Coton	1100	22	8	10	16	3	45	38	11	55
Sorgho	1200	16	7	6	7	6	53	23	13	59
Arachide	1000	33	6	6	15	2	12	48	8	18

Source : La Culture Cotonnière au Mali - Maintien de la fertilité des sols - par L. Richard - IRCT.  
Octobre 1976 ; p. 8.

## LES AMENDEMENTS

AMÉLIORENT EN BLOC  
DES PROPRIÉTÉS DU SOL.

- PHYSIQUES;
- CHIMIQUES;
- BIOLOGIQUES.

## LES ENGRAIS

APPORTENT PRINCIPALEMENT  
DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS  
DIRECTEMENT UTILES  
AUX PLANTES.

# FERTILISATION

Amendements

Engrais

- CALCAIRES

- AZOTÉS

- ORGANIQUES

- PHOSPHATÉS

- POTASSIQUES

- COMPOSÉS

## UNITE 2

### AMENDEMENTS CALCAIRES

#### I. OBJECTIFS DE L'UNITE

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

- de décrire les rôles d'amendement que le calcium joue dans le sol ;
- d'expliquer les causes des pertes en calcium du sol ;
- de déterminer par des observations sur le terrain si un sol manque de calcium ;
- de décrire les caractéristiques de diverses formes des amendements calcaires ;
- d'expliquer les facteurs dont il faut tenir compte pour le choix et le dosage d'un amendement calcaire ;
- de proposer approximativement la dose d'amendement calcaire pour une terre donnée ;
- d'expliquer des règles à observer dans la pratique de l'apport calcaire et d'appliquer correctement des amendements calcaires ;
- de décrire les techniques culturales qu'on peut utiliser pour réduire l'acidification du sol.

#### II. QUESTIONS D'ETUDE

1. Le calcium est à la fois un aliment et un amendement

- pour le sol. Quels sont ses rôles d'amendement ?
2. On estime que les terres cultivées perdent de 400 à 700 kg d'oxyde de calcium (CaO) par hectare et par an. Quelles sont les causes des pertes en calcium du sol ?
  3. Avant même de faire analyser un sol, on peut déceler, à l'observation de certains indices, qu'un sol manque de calcium et s'est acidifié. Comment se manifeste le manque de chaux ?
  4. Comment exprime-t-on, par convention, les teneurs ou les besoins en calcium des sols, des plantes et des produits fertilisants ?
  5. Quelles sont les principaux amendements calcaires ? Décrire leurs caractéristiques.
  6. De quels facteurs faut-il tenir compte pour le choix d'un amendement calcaire ?
  7. Qu'est-ce qu'on entend par le chaulage de fond et le chaulage d'entretien ?
  8. De quels facteurs dépend la dose d'amendement à apporter ?
  9. Quelles doses d'amendement doit-on apporter ?
  10. Quelles sont les règles à observer dans la pratique de l'apport calcaire ?
  11. Par quelles techniques culturales peut-on réduire l'acidification du sol ?

### III. DISCUSSION

1. Le calcium est à la fois un aliment et un amendement pour le sol. Quels sont ses rôles d'amendement ?

### 1.1. Rôle physique

- En provoquant la floculation des colloïdes argilo-humiques et la formation du complexe argilo-humique, le calcium rend la structure du sol plus meuble et plus stable et favorise ainsi la perméabilité à l'eau et à l'air, le travail du sol et la pénétration des racines.

### 1.2. Rôle chimique

- Le calcium neutralise l'acidité du sol et permet de maintenir le pH entre des limites favorables à l'assimilation des éléments nutritifs par la plante et à l'activité biologique.
- Il favorise les échanges d'ions, nécessaires à la nutrition des plantes.

### 1.3. Rôle biologique

- Le calcium crée un milieu favorable aux microbes utiles du sol.
- Il mobilise l'azote organique, en accélérant l'humification et la nitrification.

2. On estime que les terres cultivées perdent de 400 à 700 kg d'oxyde de calcium (CaO) par hectare et par an. Quelles sont les causes des pertes en calcium du sol ?

#### 2.1. Le lessivage par les eaux de percolation

- Les eaux chargées de gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) dissolvent le calcaire et une partie du calcium en excès est entraînée.

- Les pertes sont d'autant plus fortes que le sol est calcaire, la pluviométrie élevée et la texture filtrante.
- Les pertes atteignent 600 kg de CaO en sol calcaire, 200 à 300 kg en sol acide et 300 à 400 kg en sol neutre.

## 2.2. Les exportations par les cultures

- Chaque récolte exporte du calcium, en moyenne 50 à 80 kg de CaO par hectare et par an.
- Les légumineuses en enlèvent beaucoup plus. Les grains par contre en exportent très peu.

## 2.3. L'action décalcifiante des engrais

- Les cations  $\text{Ca}^{++}$  sur le complexe absorbant sont déplacées par les cations des engrais ( $\text{K}^+$  et  $\text{NH}_4^+$ ).
- 100 kg de sulfate d'ammoniaque déplacent 100 kg de carbonate de chaux ; 100 kg de chlorure de potassium déplacent 60 à 70 kg de carbonate de chaux.

## 3. Avant même de faire analyser un sol, on peut déceler, à l'observation de certains indices, qu'un sol manque de calcium et s'est acidifié. Comment se manifeste le manque de chaux ?

### 3.1. L'état physique du sol

- La structure devient compacte et instable.
- L'eau s'infiltré mal et séjourne en flaques, où

l'argile dispersée demeure en une suspension permanente.

- Après une préparation superficielle ou un bina-ge, la surface se reprend en masse dès la pre-mière pluie, et se croûte en séchant.
- Le travail du sol devient de plus en plus malaisé.

### 3.2. La décomposition des matières organiques

- Les matières organiques se décomposent mal.
- On retrouve au labour des fragments du fumier ou d'engrais vert à peine décomposés depuis le labour précédent.

### 3.3. L'aspect des récoltes

- Les rendements diminuent malgré des fumures normales.
- La croissance des plantes cultivées sont faibles.
- La sensibilité aux maladies cryptogamiques aug-mente.
- Les signes de carence en calcium peuvent appa-raître dans les cas extrêmes : les jeunes feuilles terminales se dessèchent, en partant de la pointe et des bords, et se tordent en forme de crochet.

### 3.4. La végétation spontanée

- Une végétation acidiphile s'installe (fougère, digitale, ajoncs...).

4. Comment exprime-t-on, par convention, les teneurs ou les besoins en calcium des sols, des plantes et des produits fertilisants ?

- Par convention, les teneurs ou les besoins en calcium des sols, des plantes et des produits fertilisants sont exprimés en oxyde de calcium (CaO), c'est-à-dire en chaux.

5. Quelles sont les principaux amendements calcaires ? Décrire leurs caractéristiques.

5.1. Les produits crus : Ce sont des produits contenant essentiellement du carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) et du carbonate de magnésium ( $\text{MgCO}_3$ ), d'origine diverse et plus ou moins broyés.

a. Calcaires broyés, contenant de 45 à 55 % de CaO sous forme de carbonate de calcium. Ils se différencient par :

- leur TENEUR en CaO,
- leur FINESSE, qui s'exprime par le numéro du tamis qui les laisse passer,
- leur SOLUBILITE CARBONIQUE, pourcentage du produit dissout dans une eau chargée de  $\text{CO}_2$ .

b. Craies, calcaires tendres, contenant environ 56 % de CaO.

c. Calcaires magnésiens, ou dolomie, mélanges naturels de carbonate de calcium et de carbonate de magnésium, contenant de 25 % à 30 % de CaO et de 15 à 30 % de MgO.

- d. Craies phosphatées, provenant du broyage d'une roche calcaire phosphatée et devant contenir au moins 3 % de  $P_2O_5$  et 30 % de CaO.
- e. Marnes, mélanges naturels de calcaire et d'argile titrant en moyenne 25 % de CaO.

5.2. Les produits cuits : apportant le calcium sous forme d'oxyde de calcium ou chaux vive (CaO), ou d'hydroxyde de calcium ou chaux éteinte ( $Ca(OH)_2$ ). Ils sont obtenus par le passage au four à chaux de roches calcaires.

- a. Chaux vive, en roche ou broyée, contenant de 70 à 95 % de CaO sous forme d'oxyde de calcium, selon la pureté de la roche.
- b. Chaux éteinte, obtenue par traitement de la chaux vive à l'eau. Elle contient de 50 à 72 % de CaO sous forme d'hydroxyde de calcium.
- c. Chaux magnésienne vive, obtenue par passage au four à chaux des calcaires magnésiens. Elle doit contenir au minimum 70 % de CaO + MgO dont 18 % de MgO.
- d. Chaux magnésienne éteinte, devant contenir au minimum 50 % de CaO + MgO dont 12 % de MgO.
- e. Cendres de chaux, résidus de la fabrication des chaux. Elles doivent contenir au moins 40 % de CaO + MgO.

5.3. D'autres sources de calcium

- a. Amendements mixtes, mélanges de chaux et de calcaire broyé.
- b. Plâtre ou gypse, sulfate de calcium ( $CaSO_4$ ).

- c. Engrais minéraux qui apportent des quantités non négligeables de calcium : les scories, les phosphates naturels, le superphosphate, la cyanamide de chaux, le nitrate de chaux...

6. De quels facteurs faut-il tenir compte pour le choix d'un amendement calcaire ?

Il faut tenir compte :

- du prix de l'amendement,
- de la rapidité d'action désirée,
- de la nature du sol à amender.

6.1. Le prix de l'amendement

- Il faut utiliser l'amendement qui fournit le kilogramme de CaO épandu au meilleur prix, compte tenu aussi des frais de transport et d'épandage.
- Le prix se calcule à l'unité de CaO.

$$100 \text{ kg de CaO} = 133 \text{ kg de Ca(OH)}_2 = 180 \text{ kg de CaCO}_3$$

6.2. La rapidité d'action désirée

- Les amendements à base de chaux vive ou éteinte sont généralement plus actifs que les calcaires broyés et les marnes.
- Les calcaires broyés agissent plus lentement et d'autant moins vite qu'ils sont moins broyés.

### 6.3. La nature du sol à amender

- En sols sableux, les amendements à action lente (marnes, calcaires broyés) sont préférables.
- En terres lourdes, les amendements plus actifs (chaux ou calcaires très finement pulvérisés) permettront d'obtenir plus rapidement les améliorations souhaitées.

### 7. Qu'est-ce qu'on entend par le chaulage de fond et le chaulage d'entretien ?

- Le chaulage de fond, qui correspond aux apports de redressement, a pour objet de remonter le pH à la valeur désirée.
- Le chaulage d'entretien, qui correspond aux apports d'entretien, permet de maintenir le pH au niveau souhaité. Il est destiné à compenser les pertes annuelles en calcium et l'acidification qui en résulte.
- Le chaulage de fond ne devrait plus être nécessaire dès lors que l'entretien de l'état calcique du sol est régulier.

### 8. De quels facteurs dépend la dose d'amendement à apporter ?

#### 8.1. Le pH initial

- Il ne faut pas apporter une dose risquant de remonter le pH trop brutalement, car il peut y avoir des accidents (blocage d'oligo-éléments en particulier).

- Il ne faut pas remonter le pH de plus de 0,8 à 1 unité lors d'un seul apport.

### 8.2. Le pH recherché

- Le pH optimum dépend des sols et des cultures, et en général se situe entre 6,5 et 7,2.
- Il n'est pas nécessaire de remonter un sol acide jusqu'à la neutralité.

### 8.3. Le pouvoir tampon du sol

- En sols argileux, il faut apporter des doses plus fortes qu'en sols sableux pour une même remontée du pH.

## 9. Quelles sont les doses d'amendement à apporter ?

### 9.1. Doses de redressement

On estime que pour élever le pH d'une unité, il est nécessaire d'employer les quantités suivantes de chaux vive ou de calcaire broyé, en tonnes par an :

	Chaux vive	Calcaire broyé
Terres sableuses, légères	1,5 à 2 t	3 à 4 t
Terres limoneuses	2 à 3 t	4 à 6 t
Terres fortes ou humifères	3 à 4 t	6 à 8 t

## 9.2. Doses d'entretien

- Pour le chaulage d'entretien, on peut apporter les quantités normales suivantes, par hectare et par an :

	Chaux vive	Chaux éteinte	Calcaire broyé
Terres légères	200 à 400 kg	300 à 600 kg	400 à 800 kg
Terres silico-argileuses	400 à 500 kg	600 à 750 kg	800 à 1000 kg
Terres argileuses	500 à 600 kg	700 à 850 kg	1000 à 1200 kg

- Ces apports peuvent être réalisés
  - . tous les 2 à 3 ans dans les sols légers ;
  - . tous les 4 à 5 ans dans les sols lourds.
- Ces quantités peuvent être fortement réduites si l'on fait appel à un ensemble de bonnes techniques culturales tendant à limiter les causes d'acidification et à stimuler au maximum l'activité biologique aérobie.

## 10. Quelles sont des règles à observer dans la pratique de l'apport calcaire ?

### 10.1. Moment de l'apport

- Il dépend essentiellement de la nature des cultures de la rotation. Il faut apporter l'amendement avant les cultures qui se développent le mieux aux pH assez élevés.

- Il faut, dans la mesure du possible, apporter les amendements quelques mois avant la mise en place de la culture.

#### 10.2. Enfouissement

- Il est conseillé de faire un enfouissement en deux temps : un pseudo-labour mélange l'amendement avec les couches superficielles du sol (10 - 15 cm), puis le labour assure un enfouissement plus complet.

#### 10.3. Mélange des amendements calcaires avec le fumier et les engrais.

- Un amendement calcaire ne doit jamais être épandu au contact du fumier.
- Même règle en ce qui concerne les engrais organiques, les engrais ammoniacaux ainsi que les superphosphates.

### 11. Par quelles techniques culturales peut-on réduire l'acidification du sol ?

#### a. Elimination de l'excès d'eau et oxygénation du sol,

- par les procédés de drainage et de modelé du sol ;
- par le travail du sol au bon moment et sans retournement profond.

#### b. Application de bonnes techniques d'amendement humifère.

- Incorporation superficielle des matières organiques, préhumifiées par les techniques de compostage.

c. Utilisation préférentielle d'engrais insolubles  
(phosphates naturels, scories, engrais organiques...).

- Ces engrais ne laissent aucun résidu acide et n'entraînent pas la décalcification du complexe argilo-humique.

d. Limitation du lessivage hivernal par l'emploi systématique des engrais verts, chaque fois que le sol doit rester quelque temps sans culture.

#### IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Demander aux élèves pourquoi les récoltes sont mauvaises en sol acide. Ecrire au tableau les mots clés de leurs réponses. A partir de cette discussion, guider les élèves de décrire les rôles d'amendement de calcium pour le sol.
2. Faire discuter comment le sol perd son calcium, en utilisant des schémas pertinents.
3. Sur le champ de l'établissement ou sur les terrains voisins, faire observer comment le manque de chaux s'exprime sur l'état physique du sol, sur la décomposition des matières organiques, sur l'état des cultures, et sur la végétation spontanée.
4. Remplir des pots de fleurs avec de la terre prélevée dans :
  - 1° une couche arable dans le jardin de l'établissement ;

2° le flanc d'une colline érodée ou un terrain érodé.

Mesurer le pH de la terre dans chaque pot. On peut ajouter un peu de chaux à la terre dans quelques pots pour en réduire l'acidité.

Planter 3 ou 4 haricots (ou niébé) dans chaque pot. Pour accélérer la germination, on peut laisser tremper les haricots toute une nuit. Placer les pots dans un endroit assez chaud où ils peuvent recevoir quelques rayons de soleil, et les arroser de temps en temps.

Comparer ensuite le taux de croissance. Noter le degré de croissance et l'aspect des plantes dans chaque pot. Discuter les résultats en classe.

5. Apporter en classe les échantillons de diverses formes d'amendements calcaires. Faire observer et décrire leurs caractéristiques.
6. Donner aux élèves des exercices pour leur faire pratiquer les calculs et les comparaisons des prix de revient des amendements calcaires.

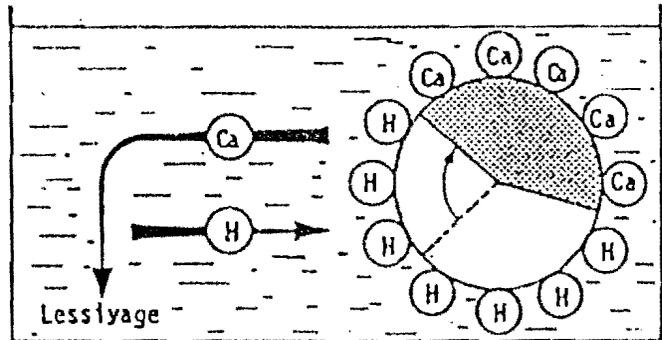
#### V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. B.I.T. - Cours de Fertilisation des Sols. Institut d'Economie Rurale. Bamako, 1972.
2. Gros, André - Engrais - Guide pratique de la fertilisation. La Maison Rustique.

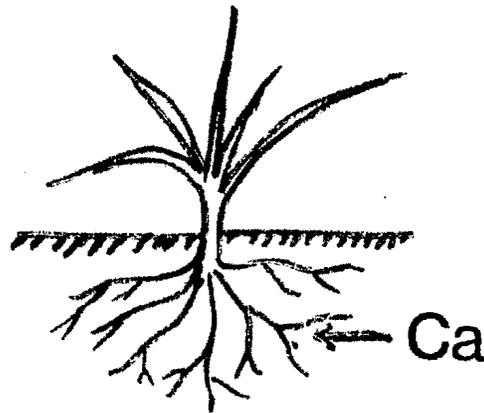
3. Soltner, Dominique - Les Bases de la Production Végétale, Tome 1 - Le Sol. Collection Sciences et Techniques Agricoles. Sainte-Gemme-sur-Loire, 1982.

# CAUSES DES PERTES EN CALCIUM DU SOL

## LESSIVAGE



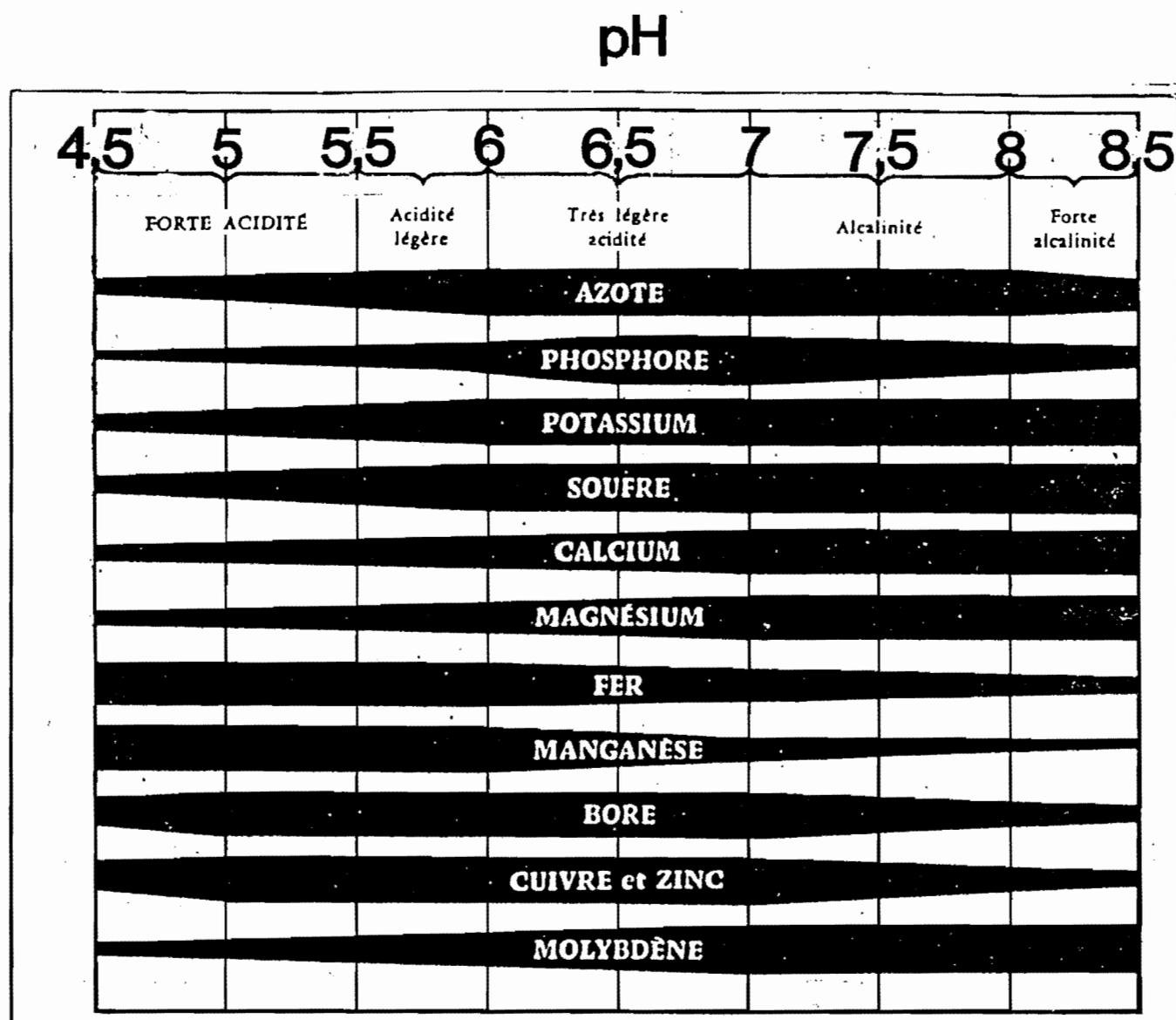
## EXPORTATIONS par les récoltes



## ACTION DECALCIFIANTE des engrais



# ASSIMILABILITE DES ELEMENTS NUTRITIFS EN FONCTION DU pH DES SOLS



# PRINCIPAUX AMENDEMENTS CALCAIRES

## 1. LES PRODUITS CRUS

- a. Calcaires broyés: 45–55% CaO
- b. Craies: 56% CaO
- c. Calcaires magnésiens: 25–30% CaO  
15–30% MgO
- d. Craies phosphatées: 30% CaO
- e. Marne: 25% CaO

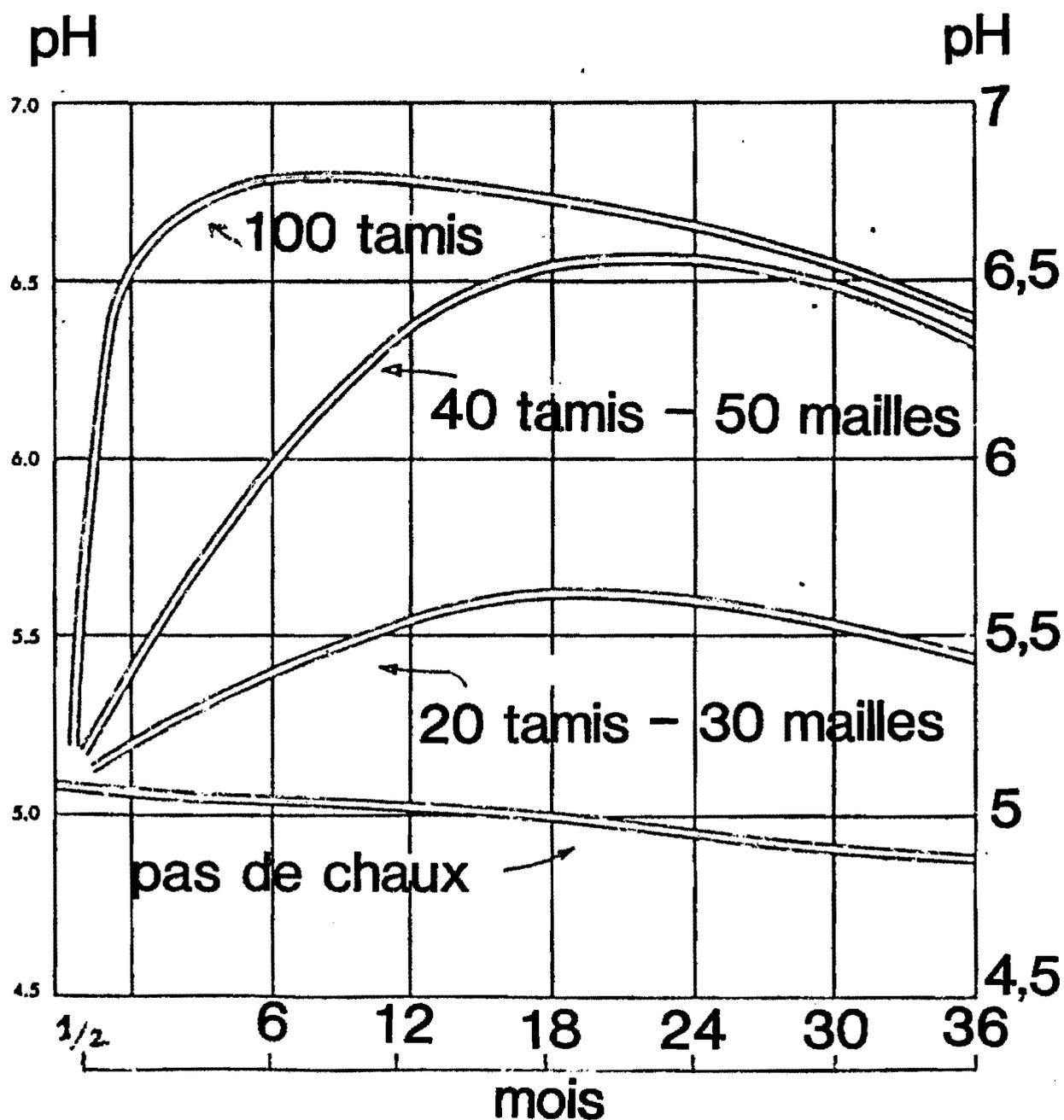
## 2. LES PRODUITS CUITS

- a. Chaux vive: 70–95% CaO
- b. Chaux éteinte: 50–72% CaO
- c. Chaux magnésienne vive: 70% CaO  
& MgO
- d. Chaux magnésienne éteinte: 50% CaO  
& MgO
- e. Cendres de chaux: 40% CaO & MgO

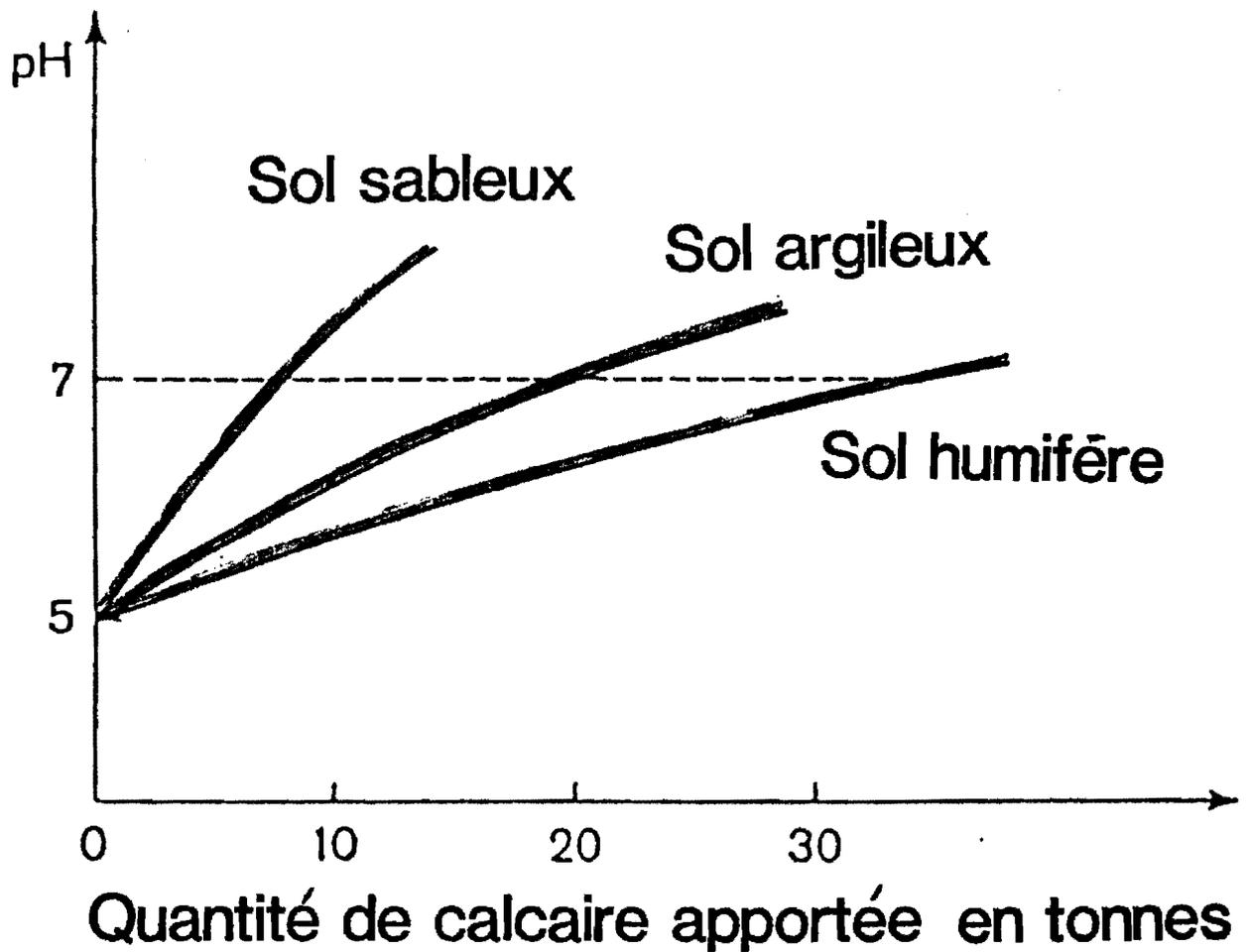
## 3. AUTRES SOURCES DE CALCIUM

- a. Amendements mixtes
- b. Plâtre ou Gypse
- c. Engrais minéraux contenant de calcium

# LA VALEUR DES AMENDEMENTS CALCAIRES DÉPEND DE LA GROSSEUR DES PARTICULES



# POUVOIR TAMPON ET TEXTURE DU SOL



## POURQUOI LES RÉCOLTES SONT-ELLES MAUVAISES EN SOL ACIDE ?

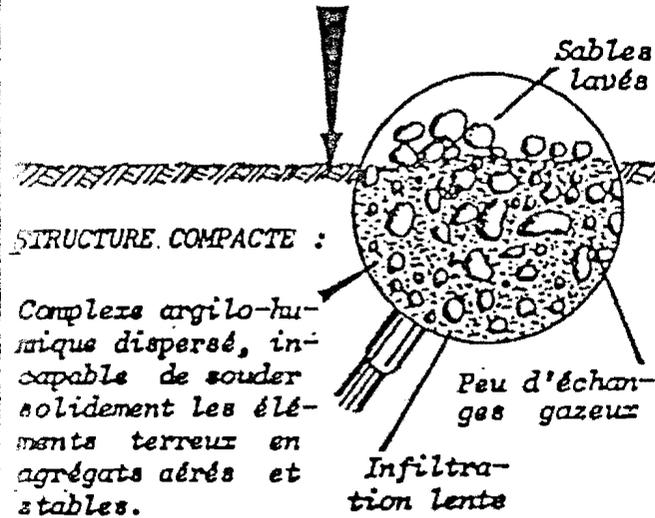
PARCE QUE L'EXCES D'IONS  $H^+$  ET LE MANQUE D'IONS  $Ca^{++}$  ET  $Mg^{++}$  SONT RESPONSABLES, DANS LE SOL...

D'UN MAUVAIS ETAT PHYSIQUE

D'UN MAUVAIS ETAT CHIMIQUE

D'UN MAUVAIS ETAT BIOLOGIQUE

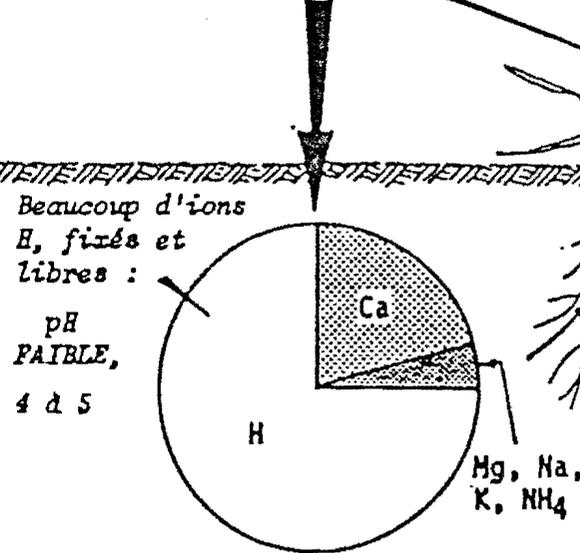
LA STRUCTURE Y EST COMPACTE ET INSTABLE, LA PERMEABILITE ET L'AERATION REDUITES.



En l'absence d'ions  $Ca^{++}$ , l'argile et l'humus sont MAL FLOCCULES : ils se DISPERSENT en période pluvieuse : le sol prend une structure COMPACTE, peu perméable à l'air et à l'eau, et difficile à travailler.

L'HUMUS formé en sol ACIDE est peu abondant et composé de petites molécules dépourvues de propriétés colloïdales, donc incapables de cimenter les agrégats.

L'ALIMENTATION MINERALE DES PLANTES Y EST DIFFICILE

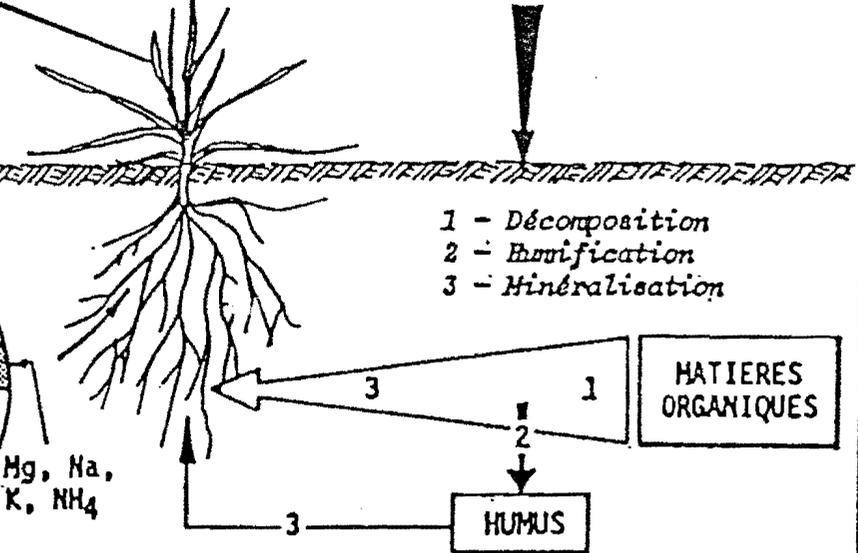


Les ions  $K^+$  sont peu nombreux et fortement retenus par le complexe absorbant.

Les ions  $H_2PO_4^-$  ne peuvent être retenus, sur le complexe absorbant, par l'intermédiaire des ions  $Ca^{++}$ , liaison appelée "pont calcique".

Le pH EST ACIDE, ce qui freine l'absorption du potassium, de l'azote, du calcium, du magnésium et du molybdène

L'ACTIVITE DES BACTERIES ET DES VERS DE TERRE Y EST RALENTIE



La mauvaise aération et l'excès d'eau, le manque de calcium et de magnésium, l'excès d'acidité...

...freinent la DECOMPOSITION des matières organiques, limitent leur HUMIFICATION et ralentissent leur MINERALISATION : l'alimentation minérale des plantes en est plus MAUVAISE.

Les RHIZOBIUM, bactéries associées aux légumineuses, se développent mal : la culture de ces plantes est difficile.

COMMENT LE CALCIUM ET LE MAGNÉSIUM AMÉLIORENT-ILS LES SOLS ACIDES ?

LE CALCIUM EST UN AMENDEMENT, C'EST-A-DIRE UNE SUBSTANCE QUI, DANS LE SOL, AMÉLIORE À LA FOIS :

LES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

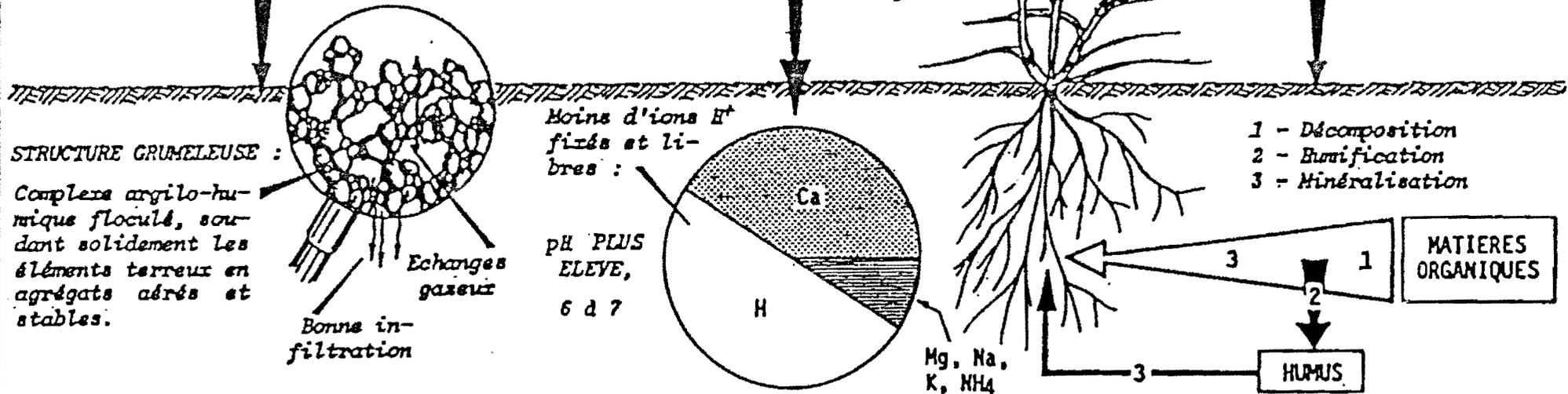
LES PROPRIÉTÉS CHIMIQUES

LES PROPRIÉTÉS BIOLOGIQUES

IL REND LA STRUCTURE DU SOL PLUS PERMEABLE À L'EAU ET À L'AIR ET PLUS STABLE

IL FAVORISE L'ALIMENTATION MINÉRALE DES PLANTES

IL STIMULE L'ACTIVITÉ DES BACTÉRIES ET DES VERS DE TERRE



-32-

- Les ions Ca<sup>++</sup> et Mg<sup>++</sup> prennent, sur le complexe absorbant, la place des ions H<sup>+</sup>. Ils flocculent l'argile et l'humus d'une manière plus énergique: La structure devient GRUMELEUSE, perméable à l'eau et à l'air, et plus stable, c'est-à-dire résistante à la dispersion par l'eau.
- L'HUMUS formé en présence de calcium est abondant et composé de grosses molécules aux propriétés colloïdales, capables de cimenter les agrégats.

- Les ions Ca<sup>++</sup> servent de "MONNAIE D'ÉCHANGE" contre les ions K<sup>+</sup> apportés par les fertilisants. Ces ions peuvent ainsi se fixer facilement sur le complexe absorbant.
- Les ions H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> peuvent se fixer sur le complexe absorbant par l'intermédiaire des ions Ca<sup>++</sup> (pont calcique).
- Le pH se relève, ce qui améliore l'ABSORPTION des éléments minéraux par les racines des plantes.

- La bonne aération et l'humidité modérée, la présence de calcium et de magnésium, l'acidité peu élevée...  
...accélèrent la DECOMPOSITION des matières organiques, augmentent leur HUMIFICATION et activent leur MINÉRALISATION :
- Les RHIZOBIUM vivant en symbiose avec les légumineuses se multiplient et deviennent plus actifs.

# DECALCIFICATION-ACIDIFICATION-RECALCIFICATION-NEUTRALISATION

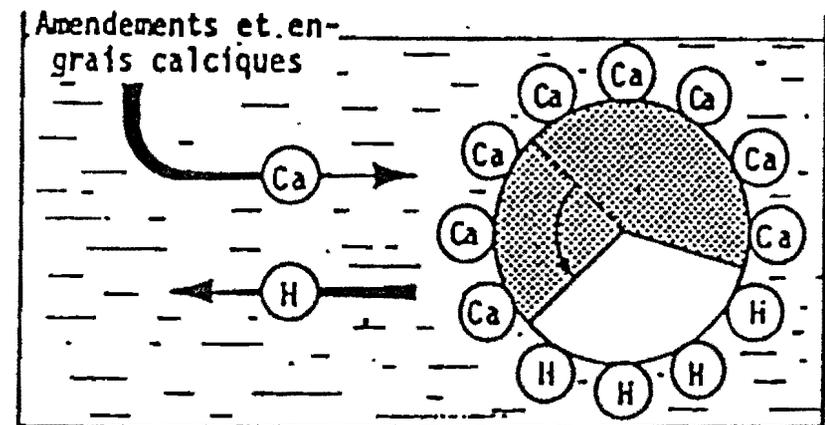
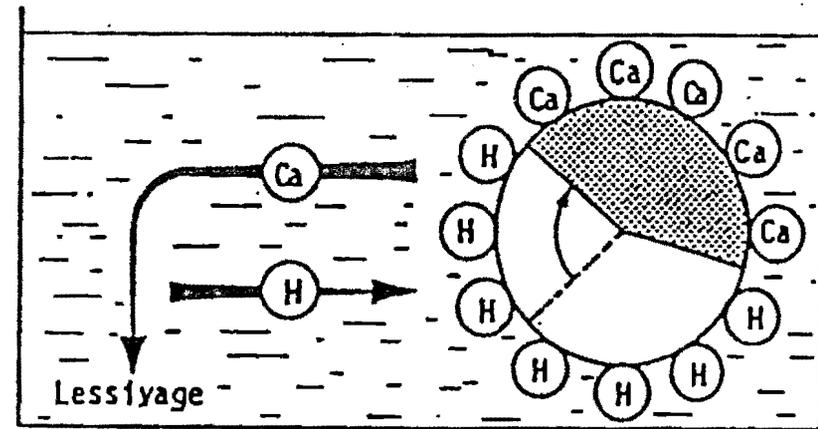
Tout sol perd lentement son calcium, et cette DECALCIFICATION de sa solution et de son complexe absorbant est d'autant plus forte que la culture est intensive.

Le calcium perdu est, le plus souvent, remplacé sur le complexe par des ions  $H^+$  : le sol s'ACIDIFIE. Ainsi,

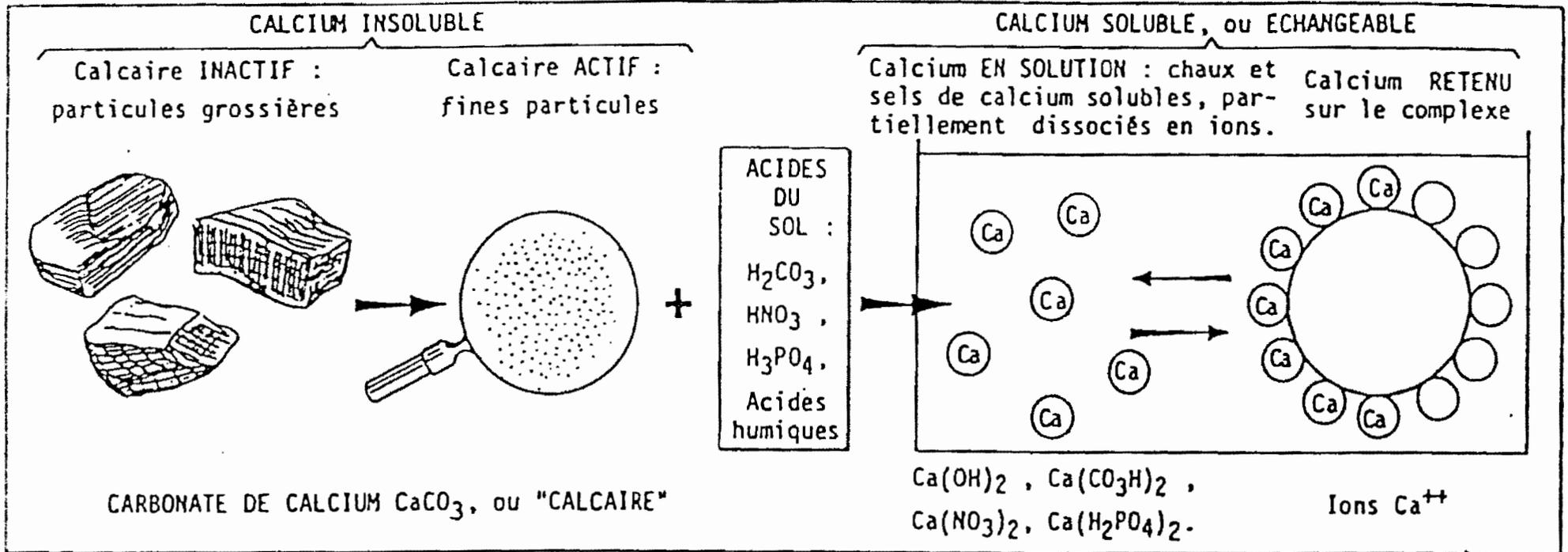
L'ACIDITE POTENTIELLE AUGMENTE,  
L'ACIDITE DE LA SOLUTION AUGMENTE PARALLELEMENT,  
LE pH ET LE TAUX DE SATURATION DIMINUENT

Les ions  $Ca^{++}$  des amendements et engrais calciques remplacent, sur le complexe, les ions  $H^+$ . Ces derniers, dans la solution, sont en grande partie NEUTRALISES par les ions  $OH^-$  que fait apparaître le Ca : Le sol se RECALCIFIE et se NEUTRALISE.

L'ACIDITE POTENTIELLE DIMINUE,  
L'ACIDITE DE LA SOLUTION DIMINUE PARALLELEMENT,  
LE pH ET LE TAUX DE SATURATION AUGMENTENT



# LES 4 FORMES DU CALCIUM DANS LE SOL



- Le calcium soluble disparaissant progressivement par lessivage et exportation par les récoltes est remplacé par la solubilisation du carbonate de calcium par les acides du sol.
- Tous les sols contiennent du calcium, mais beaucoup ne contiennent pas, ou presque pas, de carbonate de calcium ou calcaire. Seuls les sols « calcaires » contiennent une quantité importante de calcaire actif.

## UNITE 3

### AMENDEMENTS ORGANIQUES : LES FUMIERS

#### I. OBJECTIFS DE L'UNITE

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

- de définir les amendements organiques ;
- d'expliquer comment les amendements organiques améliorent les propriétés du sol ;
- de décrire les indices visibles du manque de matières organiques du sol ;
- de fabriquer et d'utiliser correctement le fumier de ferme, le fumier artificiel, le compost ;
- d'employer d'une manière appropriée le purin, les résidus des cultures, les pailles.

#### II. QUESTIONS D'ETUDE

1. Qu'est-ce que les amendements organiques ? Quels sont les principaux amendements organiques ?
2. Comment les matières organiques améliorent-elles les propriétés du sol ?
3. Quels sont les indices visibles du manque de matières organiques d'un sol ?
4. Qu'est-ce qu'on entend par fumier de ferme ? Quelle est sa valeur en humus et en éléments fertilisants ?
5. Comment peut-on confectionner un bon fumier de ferme ?

6. Comment doit-on utiliser le fumier de ferme ?
7. Qu'est-ce que le fumier artificiel ? Comment peut-on fabriquer un bon fumier artificiel ?
8. Qu'est-ce que le compost ? Comment fabrique-t-on le compost ?
9. Qu'est-ce que le purin ? Comment doit-il être utilisé ?
10. Pourquoi les résidus des cultures et les pailles des céréales sont-ils une source importante de matière organique ? Comment doivent-ils être utilisés ?

### III. DISCUSSION

#### 1. Qu'est-ce que les amendements organiques ? Quels sont les principaux amendements organiques ?

##### 1.1. Qu'est-ce que les amendements organiques ?

- Ce sont des substances composées principalement des matières organiques d'origine végétale, fermentées ou fermentescibles, destinées à l'entretien ou à la reconstitution du stock de la matière organique du sol, améliorant ainsi ses propriétés.

##### 1.2. Quels sont les principaux amendements organiques ?

- Fumier de ferme
- Fumier artificiel
- Compost
- Purin
- Résidus des cultures ; pailles

- Engrais verts.

## 2. Comment les matières organiques améliorent-elles les propriétés du sol ?

Les matières organiques améliorent à la fois les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol.

### 2.1. Amélioration des propriétés physiques

- Elles rendent la structure du sol plus perméable à l'eau et à l'air, et plus stable ;
- Elles allègent les terres lourdes et donnent du corps aux terres légères ;
- Elles augmentent la capacité de rétention en eau du sol ;
- Elles assurent la formation du complexe argilo-humique.

### 2.2. Amélioration des propriétés chimiques

- Elles favorisent l'alimentation minérale des plantes ;
- La minéralisation des matières organiques est une source continue d'éléments minéraux assimilables par la plante.
- L'humus augmente le pouvoir absorbant du sol : la fixation des ions échangeables apportés par les fertilisants est améliorée.
- Le  $\text{CO}_2$  issu des décompositions organiques, et les acides humiques, attaquent les sels minéraux insolubles, notamment les phosphates, les rendant assimilables.

### 2.3. Amélioration des propriétés biologiques

- Elles servent de support et d'aliment à l'activité biologique ;
- Elles favorisent l'activité des microbes utiles dans le sol ;
- L'humus contient des substances organiques qui favorisent le développement des végétaux (hormones de croissance, auxines).

### 3. Quels sont les indices visibles du manque de matières organiques d'un sol ?

- La structure devient de plus en plus compacte.
- La stabilité structurale devient de plus en plus faible : les mottes et les agrégats laissés par les façons superficielles se disloquent et "fondent" dès les premières pluies ou irrigations.
- L'érosion des sols sableux s'accroît, surtout s'ils sont en pente.
- L'activité biologique se raréfie : l'indice visible en est d'accord la diminution du nombre des vers de terre.
- L'efficacité des engrais devient moins grande : les rendements diminuent ou n'augmentent plus malgré des doses plus élevées de ces fertilisants.

### 4. Qu'est-ce qu'on entend par fumier de ferme ? Quelle est sa composition en humus et en éléments fertilisants ?

#### 4.1. Qu'est-ce qu'on entend par fumier de ferme ?

- C'est un mélange de déjections animales (solides et liquides) avec une litière (généralement de la paille), soumis à l'action de micro-organismes qui amorcent sa décomposition.
- Le fumier de ferme varie suivant sa décomposition et se présente comme une masse spongieuse, noirâtre, qui se brise facilement.

#### 4.2. Quelle est sa valeur ?

- La valeur du fumier est très variable en fonction :
  - . des soins apportés à sa manutention,
  - . de la proportion de litière et de déjections,
  - . de la nature des animaux et leur alimentation,
  - . de la richesse des sols qui donnent des pailles et des fourrages plus ou moins riches.
- En général, le fumier de ferme est riche en humus et pauvre en éléments fertilisants. Une tonne de fumier apporte en moyenne :
  - 100 kg d'humus,
  - 5 kg d'azote (N),
  - 3 kg d'acide phosphorique ( $P_2O_5$ ),
  - 6 kg de potasse ( $K_2O$ ),et une petite quantité d'éléments secondaires et d'oligo-éléments.

### 5. Comment peut-on confectionner un bon fumier de ferme ?

#### 5.1. Conditions de préparation d'un bon fumier

- a. Température élevée : de l'ordre 80° assurant la fermentation ;
- b. Humidité permanente : pour empêcher les pertes en azote ammoniacal.
- c. Tassement : pour éviter l'aération et permettre la fermentation anaérobie favorable à la formation de la plus grande quantité d'humus. La fermentation aérobie provoque l'assèchement et la perte d'azote ammoniacal ; elle favorise les moisissures blanches.

## 5.2. Méthodes de confection du fumier de ferme

### a. Méthode 1 : Fabrication par la stabulation entravée.

- Le cheptel étant attaché, on apporte sous les animaux 5 kg de paille (pailles de mil, sorgho, maïs, riz, etc...).
- Le lendemain, cette litière est exportée et stockée en tas sur une aire cimentée (plate-forme à fumier) qui est située à peu de distance du logement des animaux.
- Il est nécessaire d'arroser le fumier périodiquement (trois fois par semaine).
- Un abri doit être édifié au-dessus de la plate-forme pour réduire les pertes par évaporation, les pertes de matières azotées.
- Cette méthode est très satisfaisante, malheureusement, elle demande une installation assez coûteuse, un transport journalier et une mise en tas dispendieuse en main-d'oeuvre, un arrosage fréquent au purin ou à l'eau.

b. Méthode 2 : Fabrication par la stabulation libre.

- Le fumier est produit par stabulation libre des animaux, soit en étable, soit en enclos.
- Cette méthode nécessite le renouvellement constant de la litière de paille (10 kg de paille chaque jour), celle-ci absorbe le purin et les déjections. Les animaux, en piétinant, assurent naturellement le tassement nécessaire à la fermentation et les urines maintiennent l'humidité.
- Bien conduit, ce procédé fournit du bon fumier après quelques mois.
- On peut l'améliorer en ajoutant par animal 0,5 kg de superphosphate dans la litière, qui la désinfecte et la désodorise en réduisant les pertes d'azote ammoniacal, qu'il fixe. L'enrichissement du fumier en phosphore et en azote est très rentable.

c. Méthodes 3 : Production par parcage des animaux sur les champs des cultures.

- Le fumier est produit par parcage des animaux sur les champs de culture.
- Ce procédé présente l'avantage de ne rien coûter ni en transport ni en main-d'oeuvre, mais les pertes en azote et en humus sont énormes surtout si un labour n'enfouit pas rapidement les déjections.

6. Comment doit-on utiliser le fumier de ferme ?

### 6.1. Epoque

- Début saisons des pluies : le fumier doit être épandu tôt pour que sa décomposition soit déjà bien avancée au moment des semailles et des plantations.
- Les apports de fumier sont recommandés sur les cultures en tête de rotation, en particulier les plantes sarclées, qui en tirent le meilleur parti.

### 6.2. Dose

- 20 t/ha au minimum. Le fumier frais pèse de 800 à 900 kg pour 1 m<sup>3</sup>.

### 6.3. Répartition

- Tas sur le champ tous les 5 m soit 400 tas/ha de 40 à 50 kg.
- Ensuite, les tas sont épandus uniformément à la fourche.

### 6.4. Enfouissement

- Par un labour léger (à la charrue)
- L'enfouissement doit suivre l'épandage au plus vite si l'on veut limiter les pertes d'azote par volatilisation.

## 7. Qu'est-ce que le fumier artificiel ? Comment peut-on fabriquer un bon fumier artificiel ?

### 7.1. Qu'est-ce que le fumier artificiel ?

- C'est un produit fabriqué par le traitement des

pailles sur une plate-forme à fumier.

- Les exploitations qui n'ont pas assez de bétail pour transformer toutes les pailles en fumier de ferme peuvent faire du fumier artificiel.
- 1000 kg de fumier artificiel donne 100 kg d'humus qui contiennent 5 % d'azote.

#### 7.2. Comment peut-on fabriquer un bon fumier artificiel ?

- Aménager une aire cimentée ou en terre battue d'argile de 5 m de côté, dans un endroit ombragé, peu exposé aux grands vents.
- Déposer un lit de paille d'environ 50 cm d'épaisseur.
- Arroser cette paille de façon à l'humecter complètement (100 l d'eau par m<sup>3</sup> de paille).
- Tasser fortement.
- Sur cette paille humide, saupoudrer le sulfate d'ammoniaque aussi uniformément que possible.
- Ajouter une mince couche de fumier de ferme décomposé.
- Répéter ces opérations dans le même ordre : nouveau lit de paille arrosée et tassée, sulfate d'ammoniaque et quelques pelletées de fumier, jusqu'à ce que le tas soit de 1,80 m à 2,4 m de hauteur.
- Recouvrir de terre pour tasser.
- Arroser copieusement lorsque les pluies ne suffisent pas.

- Par ce procédé, dans les conditions idéales, il y a moyen d'obtenir un fumier artificiel en l'espace de 5 ou 6 mois.
- Le fumier artificiel est prêt à servir lorsque l'intérieur du tas a à peu près l'apparence et la consistance du fumier de ferme. La paille non décomposée de la couche extérieure du tas est enlevée et introduite dans une fabrication suivante.

## 8. Qu'est-ce que le compost ? Comment fabrique-t-on le compost ?

### 8.1. Qu'est-ce que le compost ?

- C'est un mélange de résidus divers d'origine végétale ou animale (déchets végétaux, ordures de villes, déchets de cuisine...), mis en fermentation lente afin d'assurer la décomposition des matières organiques, et utilisé comme engrais et comme amendement.

### 8.2. Comment fabriquer le compost ?

Pour les cultures maraîchères, on peut fabriquer le compost par la technique suivante :

- Sur une surface d'un mètre carré et une hauteur d'un mètre, entasser par couches successives

20 cm de déchets végétaux (tiges, trognons de choux, salade montée etc...)

5 cm de terre et un peu de crottin de cheval, âne, fiente de volailles et ainsi de suite jusqu'à 1 m de hauteur.

- Ajouter un peu de sulfate d'ammoniaque, 300 g par couche (enrichissement et fermentation), soit 10 poignées.
- Arroser et tasser
- Après deux ou trois semaines, retourner le tas (couche supérieure à la place de celle du bas). On refait donc le tas auquel on apporte les mêmes soins que précédemment.
- En saison des pluies, protéger le tas avec de la paille afin d'éviter le lessivage et maintenir la fermentation.
- En 3 ou 4 mois, le terreau est obtenu.

Remarque

- . Pour fabriquer le compost en grande quantité, on peut appliquer les techniques qui se présentent dans l'annexe A 3.1 de cette unité.

9. Qu'est-ce que le purin ? Comment doit-il être utilisé ?

9.1. Qu'est-ce que le purin ?

- Le purin comprend les urines des animaux, chargées de produits dissouts par celles-ci.
- Il n'a pas un rôle d'amendement à proprement parler, mais il restitue au sol des éléments minéraux et sa valeur - engrais n'est pas négligeable.
- 1 m<sup>3</sup> de purin restitue environ :
  - . 1,5 à 2,5 kg d'azote ;

- . 0,25 à 0,5 kg d'acide phosphorique ;
- . 4 à 6 kg de potasse.

- Il contient aussi des auxines de croissance utiles aux plantes.

#### 9.2. Comment le purin doit-il être utilisé ?

- Le purin a une action rapide
- A l'état pur, il est corrosif pour les plantes; c'est pourquoi, on l'étend de 3 fois son volume d'eau pour éviter de brûler la végétation.
- Il doit être conservé à l'abri de l'air, sous peine de perdre une partie de son ammoniac.
- Il est transporté à l'aide de tonneaux aux champs et épandu ou est utilisé pour arroser le fumier de ferme.
- On peut l'épandre soit sur les prairies, soit sur le sol de culture. Mais plutôt que l'épandage sur un sol nu, l'épandage sur un engrais vert, sur un chaume garni de pailles broyées ou sur les tiges broyées de maïs est vivement conseillé.

#### 10. Pourquoi les résidus des cultures et les pailles des céréales sont-ils une source importante de matière organique ? Comment doivent-ils être utilisés ?

##### 10.1. Valeur des résidus des cultures et des pailles ?

- Les résidus que les cultures laissent dans le sol (racines) ou sur le sol (feuilles, fanes) et les pailles contiennent une quantité non-

négligeable de matière organique et qui fournissent de l'humus au sol.

- Exemples

Le maïs, par ses chaumes et ses racines fournit de 700 à 1400 kg d'humus/ha.

Les pailles de céréales enfouies dans le sol par un labour peut fournir 150 à 200 kg d'humus.

10.2. Utilisation des résidus des cultures et des pailles.

- L'enfouissement des résidus et des pailles peut s'effectuer par un labour.
- Pour les enfouir correctement, il convient d'abord de les hacher en menus morceaux.
- Il vaut mieux que l'enfouissement se fasse en deux temps : les pailles broyées ou tronçonnées sont incorporées dans les premiers centimètres du sol lors du déchaumage, elles sont enfouies lors du labour. Elles se trouvent ainsi bien mélangées à la terre dans une zone où l'activité microbienne est intense.
- Les pailles en décomposition risquent d'exercer un effet dépressif sur la culture suivante : les microbes qui attaquent les pailles se multiplient en empruntant au sol l'azote minéral nécessaire. Par conséquent, la plante cultivée ne peut plus s'alimenter normalement, elle commence à jaunir. On peut éviter facilement cet inconvénient en apportant sur les pailles au moment de l'enfouissement, 6 à 12 kg d'azote par tonne de paille.

#### IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Apporter en classe plusieurs échantillons d'amendements organiques et les faire observer et identifier par les élèves.
2. Montrer aux élèves deux échantillons de sol qui ont été prélevés à différents endroits : l'un provenant d'un champ cultivé, l'autre le long d'une clôture ou sous un arbre. Le premier échantillon contient moins de matière organique que le dernier. Faire observer et comparer par les élèves la couleur et l'état de la structure des deux échantillons. On peut démontrer aussi que l'échantillon qui contient plus de matière organique absorbe plus d'eau que l'autre.
3. Comparer pour une même culture les planches auxquelles on a apporté du fumier avec celles qui n'en ont pas reçu, en ce qui concerne l'état de croissance des plantes, les besoins d'eau, les rendements...
4. Sur les champs de l'établissement ou au voisinage, montrer aux élèves les indices visibles du manque de matières organiques.
5. Avec les matériaux disponibles à l'établissement, démontrer avec la participation des élèves comment on fabrique du fumier de ferme, du fumier artificiel et du compost.
6. Faire pratiquer l'épandage des fumiers si ceux-ci sont disponibles.
7. Demander aux élèves de faire une étude du problème de l'humus dans l'exploitation de l'établissement et de présenter les résultats en classe.

## V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. B.I.T. - Cours de Fertilisation des Sols. Institut d'Economie Rurale. Bamako, 1972.
2. F.A.O. - Les Engrais et leurs Applications. F.A.O. Rome, 1980.
3. Gros, André - Engrais - Guide pratique de la fertilisation. La Maison Rustique, Paris, 1979.
4. Soltner, Dominique - Les Bases de la Production Végétale, Tome 1 - Le Sol. Collection Sciences et Techniques Agricoles. Sainte-Gemme-sur-Loire, 1982.

# L'EFFET DU FUMIER DE FERME SUR L'AMÉLIORATION DES RENDEMENTS DES CULTURES D'UNE ROTATION QUADRIENNALE À M'PESSOBA

Dose de fumier	Coton 1 <sup>re</sup> année	Sorgho 2 <sup>e</sup> année	Arachide 3 <sup>e</sup> année	Sorgho 4 <sup>e</sup> année
Témoin nul	1 042	1 138	1 608	1 123
10 t/ha sur jachère	1 417	1 484	1 938	1 426
20 t/ha sur jachère	1 623	1 670	2 019	1 430

## Notes :

1. Rotation : coton - sorgho - arachide - jachère
2. Rendements en kg/ha
3. Il faut noter que l'apport de fumier a un effet résiduel non négligeable quatre ans encore après son application.

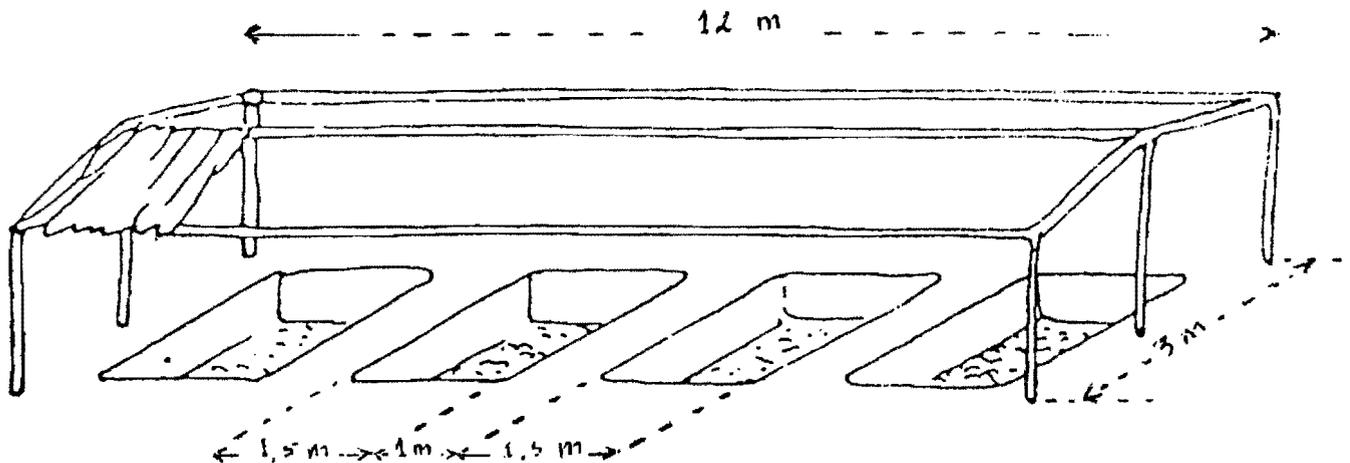
Source : L'Agronomie Tropicale. Volume XXVIII, N° 8, Août 1973

## ANALYSE DU FUMIER DE N'Tarla-M'Pessoba

Composition totale matière sèche	%
N total	1,65
P2O5	0,87
K2O	4,40
CaO	1,80
MgO	1,00
S	0,19
Humidité au moment de l'épandage	23

Source : Coton et Fibres Tropicales. 1973, Vol. XXVIII, fasc. 4, IRCT, p. 564.

# CONSTRUCTION D'UNE COMPOSTIERE



Construction d'une compostière: Quatre trous de 1,50 m de profondeur, 1,50 de largeur sur 3 m de longueur seront creusés et recouverts d'un abri temporaire situé à 1,80 m du sol.

On déversera dans la fosse n° 1 de la matière verte non ligneuse, des déchets de cuisine, de la cendre de bois, de la chaux, du fumier de poule, des mottes de gazon ; le tout bien tassé et arrosé.

Le deuxième mois, le n° 1 passera dans le n° 2 et y restera un mois. Le n° 1 sera rechargé de nouvelles matières vertes. Le troisième mois, le n° 2 passera dans le n° 3 et y restera 1 mois. Le quatrième mois, le n° 3 passera dans le n° 4 et y restera également un mois. Enfin, le cinquième mois, le n° 4 sortira de la fosse et sera prêt à l'usage. Le cycle ainsi établi, l'apport de compost sera régulier et indéfini.

Pour l'introduction de matières végétales dans les fosses, débiter en morceaux et arroser convenablement. Pendant la saison sèche, arroser et retourner les tas.

## ANNEXE A 3.1

FICHE TECHNIQUE DE PREPARATION DU COMPOST

(D'APRES IRAT-SENEGAL)

La préparation du compost se fait en saison sèche

A)- INDICATIONS GENERALES SUR LA FABRICATION

Le compost se fera en fosse. Afin de respecter une masse organique critique minimum, cette fosse devrait avoir un volume de 2,5 m x 2,5 m x 1,5 m (profondeur).

Après remplissage de la fosse, les sous-produits de récolte à composter devront dépasser de 1,50 m à 2 m le niveau du sol afin qu'après tassement le niveau du compost corresponde à peu près à celui du sol. Les tiges devront être tronçonnées (au coupe-coupe par exemple) en morceaux de 5 à 10 cm de long. Si les tiges sont particulièrement ligneuses (cotonnier, branchage...) elles seront obligatoirement mélangées à une paille, de préférence de la paille de sorgho plus riche en azote que les pailles de mil ou de maïs, donc plus fermentescibles.

Le résidu de récolte, haché et tronçonné, sera apporté par couches successives d'environ 80 cm, arrosées ou non, avec de l'engrais ou non (voir plus loin C) entre lesquelles on intercalera une mince couche de fumier (ayant fermenté autant une possible) ou de pied de cuve du compost précédent, ne dépassant pas 5 cm.

B)- LE PROBLEME DE L'ARROSAGE nous amène à considérer trois cas :

- 1- Compost fabriqué en saison sèche moyennant une source d'eau, en vue de son enfouissement - ou épandage seulement - en début de cycle.
- 2- Compost démarré en saison sèche, avec un apport d'eau au moment de sa préparation, mais l'essentiel de la fermentation de la paille se produisant en hivernage, en vue d'un enfouissement - ou épandage - en fin de cycle.
- 3- Compost préparé en saison sèche en un lieu sans point d'eau. La fermentation de la paille se produira donc uniquement en hivernage. L'enfouissement - ou l'épandage sera fait de préférence en fin de cycle.

## A 3.1

Cas n° 1 :

Chaque couche sera bien humectée et tassée en évitant le lessivage qui provoquerait des pertes importantes de potassium (faire plusieurs arrosages si possible en 24 heures). Avant le chargement d'une nouvelle couche, on pourra attendre que la température ait augmenté dans la précédente couche. Ne pas oublier d'intercaler une couche de fumier (ou de compost de l'année précédente) et monter la masse de résidu au moins à 1,50 m au-dessus du sol.

Arroser copieusement plusieurs fois en saison sèche et procéder à un recoupage (homogénéisation suivie d'un arrosage) avant utilisation du compost.

Entre chaque arrosage, on pourra recouvrir le compost d'une couche de terre afin de limiter l'évaporation.

Cas n° 2 :

Idem cas n° 1 - Enlever la terre recouvrant le compost juste avant les pluies ; dans les régions à forte pluviométrie, il n'y aurait pas d'inconvénients à laisser la couche de terre. En début d'hivernage, effectuer un recoupage.

Cas n° 3 :

Le chargement de la fosse se fera par couches successives avec fumier intercalé. Il sera nécessaire de faire au moins deux recoupages en hivernage. Dans les régions à pluviométrie déficitaire, il serait bon d'installer la compostière dans une dépression qui recueillerait les eaux de ruissellement.

C)- APPLICATION D'ENGRAIS AU MOMENT DU CHARGEMENT DE LA FOSSE

Pour l'instant, on préconise :

- de ne rien apporter sur paille de mil et de sorgho
- un apport facultatif de 20 à 25 kg d'urée par tonne de paille sur paille de maïs.
- sur mélange de paille x résidu ligneux, cet apport d'urée est d'autant plus conseillé que la proportion de ligneux est importante.

A retenir :

Le résidu doit être haché avant chargement de la fosse.

Le tas ne doit pas être de trop petites dimensions ; une hauteur acceptable semble être de 2 m à 2,5 m après chargement, mais moindre 1,5 à 2 m en zone peu pluvieuse sans arrosage du compost (augmentation de la surface réceptrice des pluies par rapport à la hauteur).

## A 3.1

Un résidu plus ou moins ligneux pourra être composté condition de le mélanger à une paille fermentescible.

Pour un compost fait sous l'action des pluies, effectuer au moins deux recoupages (brassages) en cours de cycle.

## UNITE 4

### AMENDEMENTS ORGANIQUES : LES ENGRAIS VERTS ET LA JACHÈRE

#### I. OBJECTIFS DE L'UNITE

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

- de reconnaître les avantages et les inconvénients des engrais verts ;
- de choisir un bon engrais vert et de l'utiliser correctement ;
- de définir la jachère et d'en décrire le but ;
- de distinguer la jachère naturelle de la jachère cultivée ;
- de citer les qualités à rechercher chez les plantes utilisées pour une jachère cultivée ;
- de déterminer la durée optimale d'une jachère sur un sol et sous un climat donnés ;
- de donner les raisons principales pour lesquelles la jachère enfouie est préférable à la jachère brûlée ;
- de décrire et effectuer une méthode d'enfouissement de la jachère.

#### II. QUESTIONS D'ETUDE

1. Qu'est-ce qu'un engrais vert ? Quels sont les avantages et les inconvénients des engrais verts ?

2. Comment doit-on choisir et utiliser les engrais verts ?
3. Qu'est-ce qu'on entend par la jachère ? Quel est le but de la jachère ?
4. Comment la jachère naturelle est-elle distinguée de la jachère cultivée ?
5. Quelles sont les qualités à rechercher chez les plantes utilisées pour une jachère cultivée ?
6. Combien de temps doit-on maintenir la jachère ?
7. Pourquoi l'enfouissement de la jachère est-il préférable au brûlage de celle-ci ?
8. Comment la jachère doit-elle être enfouie ?

### III. DISCUSSION

#### 1. Qu'est-ce qu'un engrais vert ? Quels sont les avantages et les inconvénients des engrais verts ?

##### 1.1. Qu'est-ce qu'un engrais vert ?

- Un engrais vert est une culture de végétation rapide, à incorporer au sol qui l'a fait pousser, pour en améliorer la fertilité.

##### 1.2. Quels sont les avantages des engrais verts ?

- Protection du sol contre l'érosion ;
- Amélioration de la structure du sol par l'action mécanique des racines et par la formation de l'humus ;
- Fourniture d'éléments fertilisant à la culture suivante (la décomposition des engrais

verts libère rapidement les éléments minéraux qu'ils ont absorbés, sous des formes particulièrement assimilables) ;

- Enrichissement du sol en azote (lorsqu'il s'agit de légumineuses) ;
- Disparition presque complète du lessivage ;
- Stimulation importante de la vie microbienne à la fourniture d'une nourriture abondante et très fermentescible aux micro-organismes ;
- Accélération de la décomposition des pailles, de la circulation de l'eau dans le sol et de la capacité de rétention en eau de la terre ;
- Diminution, dans certains cas, des envahissements de mauvaises herbes.

### 1.3. Quels sont les inconvénients des engrais verts ?

- Le risque de concurrence pour l'eau (les engrais verts consomment, pour leur croissance, des quantités d'eau non négligeable ; dans les climats secs et dans les sols peu profonds, ils peuvent donc concurrencer la culture principale) ;
- Impossibilité pratique en cas de manque de mécanisation ;
- Culture coûte au cultivateur.

## 2. Comment doit-on choisir et utiliser des engrais verts ?

### 2.1. Comment choisir un engrais vert ?

a. Qualités à rechercher chez un engrais vert

- Végétation rapide ;
- Facilité de plantation et d'entretien. (Il doit être facile à cultiver et peu exigeant : semis directement sur déchaumage, semences peu coûteuses, fumure réduite, plante peu exigeante en eau et peu soumise à des attaques de parasites) ;
- Un système racinaire développé.

b. Espèces à utiliser

- Graminées : sorgho, mil, maïs, pénnisétum, andropogon, qui donnent le rendement le plus important ;
- Légumineuses : crotalaria, phaseolus laty-  
roïdes, canavalia, macuna etc...

2.2. Comment utiliser les engrais verts ?

a. Epoque pour enfouissement

- Il faut attendre que la plante ait emmagasiné le maximum de matière organique sans pour celà arriver à la maturité des graines (dépasser la floraison).

b. Technique d'incorporation

- Il ne faut jamais enfouir un engrais vert — surtout s'il est bien développé — directement par un labour ou une autre façon culturale profonde.

- Il faut, dans la mesure du possible, faire :
  - . un fauchage ou un broyage de l'engrais vert, qu'on laissera sécher un ou deux jours ;
  - . une incorporation superficielle à l'aide de disques ou d'un outil rotatif ;
  - . un ameublissement et un enfouissement en profondeur de deux à trois semaines plus tard, lorsque l'engrais vert aura largement amorcé sa décomposition dans les couches superficielles.

3. Qu'est-ce qu'on entend par la jachère ? Quel est le but de la jachère ?

3.1. Qu'est-ce qu'on entend par la jachère ?

- C'est l'état d'une terre labourable laissée régulièrement sans récolte pendant un temps de quelques mois à plusieurs années.
- La jachère fait partie des procédés utilisés par l'homme pour améliorer les conditions physiques et par conséquent la fertilité des sols.

3.2. Quel est le but de la jachère ?

- Enrichir le sol en azote organique ;
- Ramener dans la couche arable les éléments minéraux puisés en profondeur par les racines.
- Enrichir le sol en matières hydrocarbonées et en azote puisés dans l'air ;

- Protéger le sol contre l'érosion.

4. Comment la jachère naturelle est-elle distinguée de la jachère cultivée ?

- En jachère naturelle, on utilise la végétation spontanée qui couvre le sol après les cultures.
- En jachère cultivée, on sème des plantes de couverture ou des plantes fourragères qui seront pâturées par le bétail. On peut en outre apporter des engrais minéraux à cette jachère.
- En somme, la jachère cultivée s'apparente souvent à une culture fourragère ou à une pâture temporaire.

5. Quelles sont les qualités à rechercher chez les plantes utilisées pour une jachère cultivée ?

- Facilité de production des semences ou au moins facilité de multiplication végétative ;
- Départ rapide de la végétation en saison des pluies, et maintien de production non négligeable en saison sèche ;
- Bonne possibilité d'amélioration du sol ;
- Facilité d'éradication en fin de saison sèche avant la phase de remise en culture ;
- Bonne valeur fourragère dans le cas d'espèces à pâturer.

6. Combien de temps doit-on maintenir la jachère ?

- La durée souhaitable de la jachère dépend principalement :

- . du niveau de fertilité initiale du sol (tel que laissé à la fin de la phase culturale précédente);
- . de la rapidité d'installation de la végétation naturelle, et de la composition même de la flore constituant cette végétation ;
- . du climat de la région.

- En jachère essentiellement graminéenne, une durée de deux ou trois ans est généralement suffisante.

7. Pourquoi l'enfouissement de la jachère est-il préférable au brûlage de celle-ci ?

- Le brûlage détruit la matière organique et est source, par voie de conséquence, d'un appauvrissement en azote.
- Les rendements des cultures suivant la jachère enfouie sont souvent plus élevés que ceux des cultures suivant la jachère brûlée.

8. Comment doit-on enfouir la jachère ?

- On enfouit la jachère au début ou à la fin de la saison des pluies en fonction des conditions de climat, de sol et des possibilités dont on dispose pour l'enfouissement.
- La nitrification sera favorisée si l'on fournit en même temps au sol une dose de 200 kg de phosphate d'ammoniaque dont profitera d'ailleurs la culture suivante en tête de rotation.
- Si l'on enfouit la jachère au début de la saison pluvieuse, la culture qui suit risque de souffrir

de manque d'azote ; dans ce cas, il convient d'apporter un supplément azoté.

- L'enfouissement en fin de saison des pluies pallie cet inconvénient, mais par contre, le sol mis à nu et asséché, risque d'être soumis à l'érosion éolienne. Si l'on dispose de charrues, l'enfouissement après les dernières pluies permettra la décomposition en matière organique car le sol est encore suffisamment humide en profondeur.

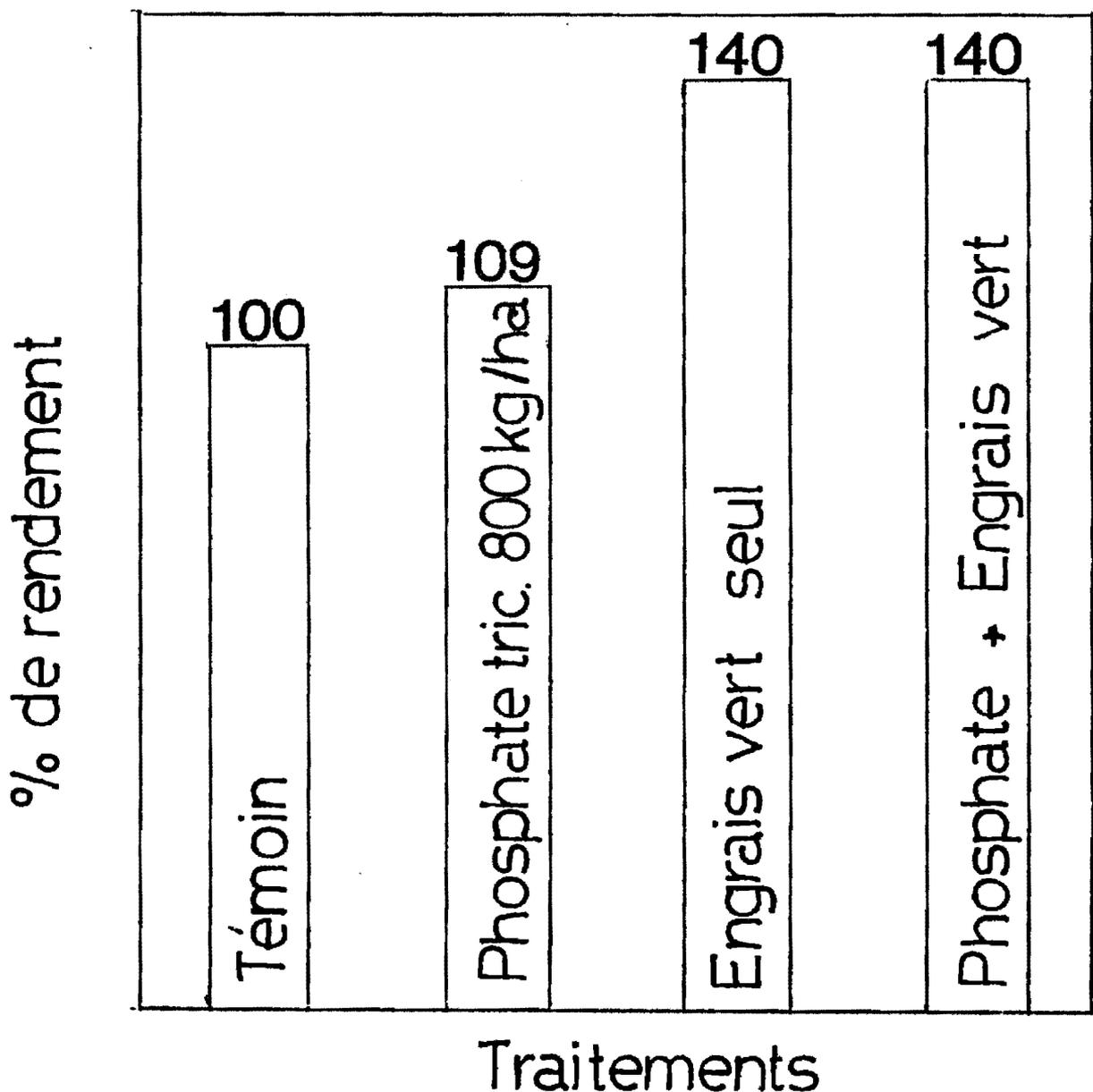
#### IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Planter dans le jardin de démonstration différentes plantes d'engrais verts pour que les élèves observent leur caractéristiques.
2. Dans une excursion, faire observer les effets bénéfiques de la jachère sur le sol.
3. Exposer les résultats de recherche concernant les jachères pour faciliter la discussion en classe.

#### V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. B.I.T. - Cours de Fertilisation des Sols. Institut d'Economie Rurale. Bamako, 1972.
2. Angladette, A. et Deschamps, L. - Problèmes et perspectives de l'agriculture dans les pays tropicaux. G. - P. Maisonneuve et Larose, Paris, 1974.

# L'EFFET DE L'ENGRAIS VERT ( *Crotalaria retusa* ) SUR LES RENDEMENTS DU RIZ



Source : Le point des recherches rizicoles au Mali par M. Bono et L. Marchais, Agronomie Tropicale XXI-4, p. 529.

## L'EFFET DE LA DUREE DE JACHERE SUR LES RENDEMENTS DE L'ARACHIDE

rendements en kg/ha	
Sur sol épuisé	355
Après 2 ans de jachère	440
Après 3 ans de jachère	610
Après 4 ans de jachère	640

\* En climat sahélien (422 mm de pluie annuelle), à courte saison des pluies et sur sol ferrugineux tropical pas lessivé.

Source : Problèmes et perspectives de l'agriculture dans les pays tropicaux, par A. Angladette et L. Deschamps, p. 195.

## UNITE 5

### GENERALITES SUR LES ENGRAIS ET LES BESOINS ALIMENTAIRES DES PLANTES

#### I. OBJECTIFS DE L'UNITE

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

- d'expliquer la nécessité des engrais en agriculture ;
- de décrire les rôles des éléments minéraux dans la plante ;
- d'expliquer comment les engrais sont classés ;
- de décrire comment la valeur fertilisante d'un engrais est exprimée.

#### II. QUESTIONS D'ETUDE

1. Pourquoi les engrais sont-ils nécessaires en agriculture ?
2. Est-ce que l'utilisation des engrais est suffisante pour l'augmentation des rendements ?
3. Quels sont les principaux rôles de l'azote, du phosphore et du potassium dans la plante ?
4. Quels rôles jouent les éléments secondaires et les oligo-éléments dans la plante ?
5. Comment classe-t-on les engrais ?
6. Comment la valeur fertilisante d'un engrais s'exprime-t-elle ?

### III. DISCUSSION

1. Pourquoi les engrais sont-ils nécessaires en agriculture ?
  - a. Les engrais contiennent des quantités constantes et bien déterminées d'azote, de phosphore et de potassium alors que le fumier présente une composition variable avec sa provenance et son mode de conservation ;
  - b. Ils permettent de distribuer au sol sous un faible volume une dose élevée d'éléments fertilisants, donc avec une puissance que ne possède pas le fumier ;
  - c. Ils présentent un faible encombrement. Leur transport est donc économique et leur épandage peut être réalisé à l'épandeur mécanique ;
  - d. Leur efficacité, qui est grande, se règle à volonté non seulement pour les dosages mais aussi pour la rapidité de leur action ;
  - e. Ils présentent une influence considérable sur la qualité, la précocité et les rendements des cultures ;
  - f. Ils permettent d'abaisser les prix de revient en augmentant les récoltes, alors que les frais généraux d'exploitation à l'hectare restent les mêmes ;
  - g. Certains des engrais minéraux sont solubles dans l'eau et peuvent être utilisés en arrosage sous forme d'engrais liquides.

2. Est-ce que l'utilisation des engrais est suffisante pour l'augmentation des rendements ?

Pour que les rendements soient augmentés, en plus des engrais, il faut en même temps :

- Une bonne préparation du sol ;
- L'utilisation de matières organiques ;
- L'emploi de variétés sélectionnées ;
- Le semis à bonne date et à bonne densité ;
- Le sarclage et le buttage ;
- L'irrigation ou le drainage (si c'est nécessaire) ;
- La lutte contre les maladies, les insectes nuisibles et les autres ennemis des cultures ;
- L'emploi des rotations rationnelles ;
- La protection du sol contre l'érosion.

3. Quels sont les principaux rôles de l'azote, du phosphore et du potassium dans la plante ?

3.1. L'azote

- C'est un élément indispensable à la croissance de la plante et un facteur essentiel des rendements.
- Il assure une végétation rapide et donne à la plante cette couleur verte qu'elle doit avoir.
- Il améliore la qualité des feuilles et tend à accroître la teneur en protéines de toutes les cultures.

### 3.2. Le phosphore

- Il est indispensable à la croissance de toutes les plantes en tant qu'ingrédient actif du protoplasme.
- Il stimule une croissance rapide ainsi que la formation des racines.
- Il hâte la maturité, favorise la production de semences et contribue à la robustesse générale des plantes.

### 3.3. Le potassium

- Il joue un rôle de régulateur des fonctions de la plante ;
- Il favorise la synthèse des sucres en intervenant dans l'assimilation chlorophyllienne ;
- Il améliore l'efficacité de la fumure azotée en participant à la formation des protides ;
- Il améliore aussi la résistance aux maladies cryptogamiques, à la verse des céréales, et à la sécheresse.

## 4. Quels rôles jouent les éléments secondaires et les oligo-éléments dans la plante ?

### 4.1. Calcium (Ca)

- C'est un aliment de croissance ;
- On le considère comme indispensable à la santé des parois des cellules et comme facilitant le développement du système racinaire.

- Il favorise la résistance aux maladies.

#### 4.2. Magnésium (Mg)

- C'est un élément indispensable à la chlorophylle ;
- Il est aussi indispensable à la formation des graisses et des huiles ;
- Il contribue probablement au déplacement et à l'absorption du phosphore par les plantes.

#### 4.3. Soufre (S)

- C'est un élément constitutif de la protéine ;
- Il facilite aussi la synthèse des huiles.

#### 4.4. Oligo-éléments : Bore, fer, manganèse, cuivre, zinc, molybdène.

- Les oligo-éléments sont aussi nécessaires aux plantes que les éléments majeurs et secondaires.
- Leur carence dans le sol cause le développement anormal des plantes.

### 5. Comment classe-t-on les engrais ?

On peut classer les engrais selon deux systèmes : (1) D'après le nombre d'éléments fertilisants qu'ils apportent ; (2) D'après leur origine et leur forme.

#### 5.1. Classification d'après le nombre d'éléments fertilisants qu'ils apportent.

a. Les engrais simples

- Les engrais apportant un seul élément fertilisant majeur (Azote, phosphore ou potassium).
- Exemples : Sulfate d'ammoniaque ; chlorure de potassium ; phosphate bicalcique.

b. Les engrais composés

- Les engrais apportant au moins 2, sinon les 3 éléments fertilisants majeurs.
- Exemples : Engrais binaires azotés et phosphatés (N-P), engrais binaires azotés et potassiques (N-K), engrais ternaires (N-P-K).

5.2. Classification d'après leur origine et leur forme

a. Les engrais organiques

b. Les engrais minéraux :

- Les engrais minéraux solubles ;
- Les engrais minéraux insolubles ou peu solubles.

6. Comment la valeur fertilisante d'un engrais s'exprime-t-elle ?

La valeur fertilisante d'un engrais s'exprime par sa teneur en élément ou éléments fertilisants qu'il est chargé d'apporter, sous formes suivantes :

a. Eléments majeurs

- Azote : la teneur en élément pur N (poids atomique = 14).

- Phosphore : la teneur en anhydrique phosphorique  $P_2O_5$  (poids moléculaire = 142), encore appelé "acide phosphorique".
- Potassium : la teneur en oxyde anhydre de potassium  $K_2O$  (poids moléculaire = 94), encore appelé "potasse".

#### b. Eléments secondaires

- Calcium : la teneur en oxyde de calcium  $CaO$  (poids moléculaire = 56), encore appelé "chaux vive".
- Magnésium : la teneur en oxyde de magnésium  $MgO$  (poids moléculaire = 40), encore appelé "magnésie".
- Soufre : la teneur en élément pur  $S$  (poids atomique = 32).

#### c. Oligo-éléments

- La valeur fertilisante des oligo-éléments est exprimée en élément pur.

Bore	: B
Fer	: Fe
Cuivre	: Cu
Manganèse	: Mn
Zinc	: Zn
Molybdène	: Mo

### IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Utiliser les résultats des essais de fumure et discuter la nécessité des engrais en agriculture.
2. Montrer les rôles importants que les éléments minéraux

jouent dans la plante en utilisant les photos, les diapositives qui illustrent les symptômes des carences minérales que manifeste la plante.

3. Effectuer des essais simples de fumures pour démontrer l'effet des engrais sur la croissance et les rendements des cultures.

#### V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. B.I.T. - Cours de Fertilisation des Sols. Institut d'Economie Rurale. Bamako, 1972.
2. Gros, André - Engrais - Guide pratique de la fertilisation. La Maison Rustique. Paris, 1979.
3. Soltner, Dominique. Les Bases de la Production Végétale, Tome 1 - Le Sol. Collection Sciences et Techniques Agricoles. Sainte-Gemme-sur-Loire, 1982.

# REPONSE DE L'ARACHIDE AUX APPORTS D'ENGRAIS

Fertilisation réalisée	Rendements en kg/ha de gousses		
	M'PESSOBA	BANKASS	KITA
Témoin sans engrais	1 155	809	701
60kg/ha 6-20-10	1 370	911	854
120kg/ha 6-20-10	1 579	1 074	1 157
75 kg/ha super simple (18% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1 631	1 163	1 163

Source : Point sur l'expérimentation des fumures à faibles doses apportées sur l'arachide au Mali, par M.F. Traoré, IRAT/MALI.

## FORMES SOUS LESQUELLES LA VALEUR FERTILISANTE D'UN ENGRAIS EST EXPRIMEE

ELEMENT	EXPRIME SOUS FORME
Azote N	N
Phosphore P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Potassium K	K <sub>2</sub> O
Calcium Ca	CaO
Magnésium Mg	MgO
Soufre S	S
Bore B	B
Fer Fe	Fe
Cuivre Cu	Cu
Manganèse Mn	Mn
Zinc Zn	Zn
Molybdène Mo	Mo

ENGRAIS AZOTES

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

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

- de décrire les formes d'azote dans le sol ;
- d'expliquer comment on reconnaît qu'un sol a besoin d'azote ;
- de décrire les caractéristiques des différents engrais azotés ;
- d'identifier les engrais azotés vulgarisés ;
- de choisir un engrais azoté approprié ;
- de déterminer le temps convenable à l'application des engrais azotés ;
- de prendre des précautions pour la fumure azotée ;
- de calculer correctement la dose d'engrais azotés à appliquer.

II. QUESTIONS D'ETUDE

1. Sous quelles formes se trouve l'azote dans le sol ?
2. Comment peut-on reconnaître qu'un sol a besoin d'azote ?
3. Comment classe-t-on les engrais azotés ?
4. Quelles sont les caractéristiques des engrais azotés organiques ?

5. Quelles sont les caractéristiques des engrais azotés cyanamidés, uréiques et ammoniacaux ?
6. Quelles sont les caractéristiques des engrais azotés nitriques ?
7. Quelles sont les caractéristiques des engrais azotés ammoniaco-nitriques ?
8. Comment choisit-on un engrais azoté ?
9. Quand doit-on appliquer l'engrais azoté ?
10. Pourquoi faut-il utiliser la fumure azotée avec précaution ?
11. Comment calcule-t-on la dose d'engrais azoté à appliquer ?

### III. DISCUSSION

1. Sous quelles formes se trouve l'azote dans le sol ?
  - a. L'azote organique
    - se trouvant dans l'humus, qui est destiné à se minéraliser.
  - b. L'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )
    - absorbé par les plantes principalement en début de croissance.
    - une forme transitive entre l'azote organique et l'azote nitrique.
  - c. L'azote nitrique ( $\text{NO}_3^-$ )
    - le dernier stade de la minéralisation de l'humus.

- la forme principale d'absorption pour les racines des plantes

2. Comment peut-on reconnaître qu'un sol a besoin d'azote ?

a. Par les symptômes que présentent les plantes qui poussent sur le sol :

- Croissance rabougrie
- Couleur jaune pâle
- Jaunissement des extrémités et du bord des feuilles commençant au bas de la plante.
- Faible teneur en protéine.

b. Par les analyses du sol

- Par les analyses du sol, on connaît la teneur en matière organique et en azote de celui-ci.
- La détermination des besoins en azote est basée sur les résultats analytiques en tenant compte du type de sol et du type de culture envisagé.

3. Comment classe-t-on les engrais azotés ?

Les engrais azotés, fournisseurs d'ions ammoniacaux et nitriques, sont classés en quatre groupes d'après la forme sous laquelle ils présentent l'azote :

- Les engrais azotés organiques
- Les engrais azotés cyanamidés, uréiques et ammoniacaux.
- Les engrais azotés nitriques
- Les engrais azotés ammoniaco-nitriques.

4. Quelles sont les caractéristiques des engrais azotés organiques ?

- Ils comprennent essentiellement des déchets d'animaux ou végétaux (graines de coton broyées), des déchets d'industrie (tourteaux) ou des engrais organiques de synthèse.
- Ils sont en réalité des engrais composés puisqu'ils n'apportent jamais l'azote seul, mais associé aux autres éléments (P, S, K, Mg, Ca, Oligo-éléments).
- Ils sont insolubles dans l'eau et inassimilables directement par les plantes.
- Ils libèrent lentement leur azote après minéralisation.
- Ils sont surtout utilisés dans les exploitations spécialisées (arboriculture, cultures maraîchères, floriculture) où ils entretiennent un niveau élevé de fertilité.
- Ils sont enfouis avant la mise en place des cultures.

5. Quelles sont les caractéristiques des engrais azotés cyanamidés, uréiques et ammoniacaux ?

5.1. Propriétés générales

- Ils sont solubles dans l'eau ;
- Ils produisent des ions ammoniacaux,  $\text{NH}_4^+$ , retenus par le complexe absorbant ;
- Ils sont, sous forme d'ions  $\text{NH}_4^+$ , légèrement assimilables par la plante ;

- Leur azote ammoniacal est rapidement nitrifié, si les conditions sont favorables à l'activité microbienne.
- Ils limitent les risques de lessivage et ont une action soutenue.
- Ils sont des engrais azotés de fond à utiliser de bonne heure, sur toutes cultures.
- Ils sont des engrais acidifiants.

## 5.2. Les différents engrais azotés cyanamidés, uréiques et ammoniacaux.

### a. CYANAMIDE DE CHAUX (CN<sub>2</sub>Ca)

- livrée en poudre, en granules ou en perles ;
- contenant 18 - 22 % d'azote cyanamidé et 60 - 70 % de CaO ;
- engrais désinfectant contre les insectes et parasites du bétail, et certaines larves du sol ;
- un excellent engrais azoté de fond à enfouir de bonne heure, 2 - 3 semaines avant le semis.

### b. UREE (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>)

- commercialisée en petites perles de 1 à 2 mm de diamètre (perlurée) ;
- contenant 46 % d'azote uréique ;
- très concentrée, elle diminue les frais de transport ;
- très soluble dans l'eau (jusqu'à 1 kg par

litre), elle convient aux pulvérisations foliaires et aux irrigations fertilisantes ;

- tant que l'urée n'est pas hydrolysée, elle descend dans le sol comme un nitrate, non retenue par le pouvoir absorbant (de fortes pluies après son épandage peuvent entraîner son lessivage) ;
- une fois hydrolysée, elle se comporte comme un engrais ammoniacal ;
- d'une façon générale, il est préférable d'enfouir l'urée après épandage par une façon légère, surtout en sol calcaire et par temps sec, de façon à ne pas laisser l'engrais séjourner longtemps sur le sol nu.

#### c. SULFATE D'AMMONIAQUE

- se présentant sous la forme de petits cristaux ;
- contenant de 20,5 à 21 % d'azote ammoniacal et 23 % de soufre ;
- ayant une action rapide sur le développement végétatif ;
- fortement absorbé par le complexe argilo-humique, donc aucun risque de lessivage comme pour le nitrate ;
- ayant une action acidifiante, donc à éviter dans les sols acides.

#### d. PHOSPHATE D'AMMONIAQUE

- c'est un engrais composé ;

- contenant 17 à 20 % d'azote et 40 à 52 % de  $P_2O_5$  ;
- soluble dans l'eau ;
- surtout utilisé en "fumure starter", localisée près de la semence (cas du maïs).

## 6. Quels sont les caractéristiques des engrais azotés nitriques ?

### 6.1. Propriétés générales

- ayant une action rapide ;
- solubles dans l'eau ;
- produisant des ions nitriques  $NO_3^-$ , non retenus par le complexe argilo-humique : leur perte par lessivage est à craindre ;
- directement assimilables par la plante ;
- particulièrement appréciés dans les sols où, pour une raison quelconque, la nitrification se fait difficilement.

### 6.2. Différents engrais azotés nitriques

#### a. NITRATE DE SOUDE

- contenant 16 % d'azote et 25 % de sodium, ce qui risque de disperser l'argile des sols battants ;
- contenant oligo-éléments (notamment Bore) ;

#### b. NITRATE DE CHAUX

- contenant 15 à 15,5 % d'azote et 25 % de CaO ;

- très hygroscopique ; il peut être appliqué même en l'absence de pluie ;
- se conservant mal, mais convenant aux apports tardifs en période et sols secs.

#### c. NITRATE DE POTASSE

- un engrais composé ;
- contenant 13 % d'azote et 44 % de potasse ( $K_2O$ ) ;
- un engrais cher mais à action rapide.

### 7. Quelles sont les caractéristiques des engrais azotés ammoniaco-nitriques ?

#### 7.1. Propriétés générales

- réunissant l'action rapide des nitrate et la durée d'action de l'ammoniaque ;
- apportant l'azote sous forme mi-nitrite, mi-ammoniacale ;
- appréciés à la fois par leur dosage élevé, leur prix relativement faible à l'unité et leur souplesse d'emploi ;
- employés sur toutes les cultures, en couverture ou enfouis ;
- utilisés aussi en cours de végétation pour des épandages tardifs ou semi-tardifs.

#### 7.2. Différents engrais azotés ammoniaco-nitriques

a. NITRATÉ D'AMMONIAQUE

- contenant 35-35,5 % d'azote mi-nitrique, mi-ammoniacal.

8. Comment choisit-on un engrais azoté ?

Le choix d'un engrais azoté dépend de plusieurs facteurs :

a. Mode d'action

- Pour une action immédiate, les nitrates doivent être préférés.
- Pour une action progressive et soutenue, les engrais à base d'urée et le sulfate d'ammoniaque sont préférablement utilisés.

b. Action sur le pH du sol

- Le sulfate d'ammoniaque qui est acidifiant, demeure un engrais fort intéressant en sol calcaire ;
- En sols acides, les ammo-nitrates, les nitrates, l'urée, sont préférés.

c. Nature de la culture

- Le sulfate d'ammoniaque qui contient du soufre est préféré pour les crucifères.
- Le nitrate de soude convient particulièrement à la betterave.

d. Le prix de l'unité fertilisante

- Les nitrates sont les engrais les plus coûteux.

- L'urée est l'engrais le moins cher.

9. Quand doit-on appliquer l'engrais azoté ?

- La principale période d'emploi de l'azote se situe au moment où la plante est en mesure de bénéficier de son action de choc sur la végétation.

10. Pourquoi faut-il utiliser la fumure azotée avec précaution ?

a. Pour éviter des accidents :

- L'excès d'azote est nuisible car il provoque une végétation excessive qui peuvent se manifester par :

- . un retard de la maturité : la plante trop bien alimentée en azote continue à pousser, tarde à mûrir, ce qui est généralement un inconvénient (risque d'échardage pour les céréales, teneur plus faible en sucre pour les fruits) ;
- . une sensibilité plus grande aux maladies : les tissus sont plus vulnérables parce qu'ils restent tendres et verts plus longtemps ;
- . une tendance à la verse pour les céréales : les chaumes sont moins rigides, un fort développement foliacé empêche la lumière d'éclairer et de fortifier le pied, les tiges ont tendance à se coucher.

b. Pour travailler économiquement :

- On fractionne les doses afin de les mettre à la disposition des plantes au moment où le besoin

s'en fait sentir sans provoquer de déséquilibre.

- Ce qui compte, c'est de mettre une dose d'azote suffisante, de la mettre à époque qui convient le mieux pour l'engrais considéré et de placer l'engrais dans les conditions qui lui assurent la meilleure efficacité.

11. Comment calcule-t-on la dose d'un engrais azoté à appliquer ?

- Il s'agit de calculer la dose d'un engrais qui contient la quantité des unités fertilisantes d'azote (N) que l'on veut apporter au sol.
- Il faut connaître la valeur fertilisante de l'engrais considéré, c'est-à-dire sa teneur en azote pur.
- On peut utiliser la formule suivante :

$$\text{Dose d'engrais} = \frac{\text{Unités fertilisantes à apporter} \times 100}{\text{Teneur en azote de l'engrais}}$$

- Exemple : Pour apporter 40 kg d'azote au sol, quelle est la dose de l'urée qu'on doit utiliser ?

. Unités fertilisantes à apporter : 40 kg N

. Teneur en azote de l'urée : 46 %

. Dose de l'urée à utiliser =  $\frac{40 \times 100}{46} = 87 \text{ kg}$

IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Montrer des échantillons des divers engrais azotés, en reprenant en résumé, les caractéristiques de ces engrais.

2. Faire pratiquer d'identifier les engrais azotés vulgarisés.

3. Donner aux élèves des exercices à faire comme les suivantes :

a. Combien de kilo d'azote pur à l'hectare donne-t-on au sol en appliquant 50 kg d'urée à 46 % d'azote ?

$$\text{Réponse : } \frac{50 \times 46}{100} = 23 \text{ kg d'azote pur (N).}$$

b. On désire donner à un champ 18 kg d'azote à l'hectare. Ce champ mesure 8000 m<sup>2</sup>. Combien faut-il utiliser d'urée à 46 % d'azote ?

Réponse : Quantité d'azote pur à utiliser pour 8000 m<sup>2</sup> :

$$\frac{18 \times 8000}{10000} = 14,4 \text{ kg}$$

Poids d'urée à utiliser :

$$\frac{100 \times 14,4}{46} = 31,3 \text{ kg}$$

#### V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. B.I.T. - Cours de Fertilisation des Sols. Institut d'Economie Rurale. Bamako, 1972.

2. F.A.O. - Les Engrais et leurs Applications. F.A.O. Rome, 1980.

3. Gros, André - Engrais - Guide pratique de la fertilisation. La Maison Rustique, Paris, 1979.

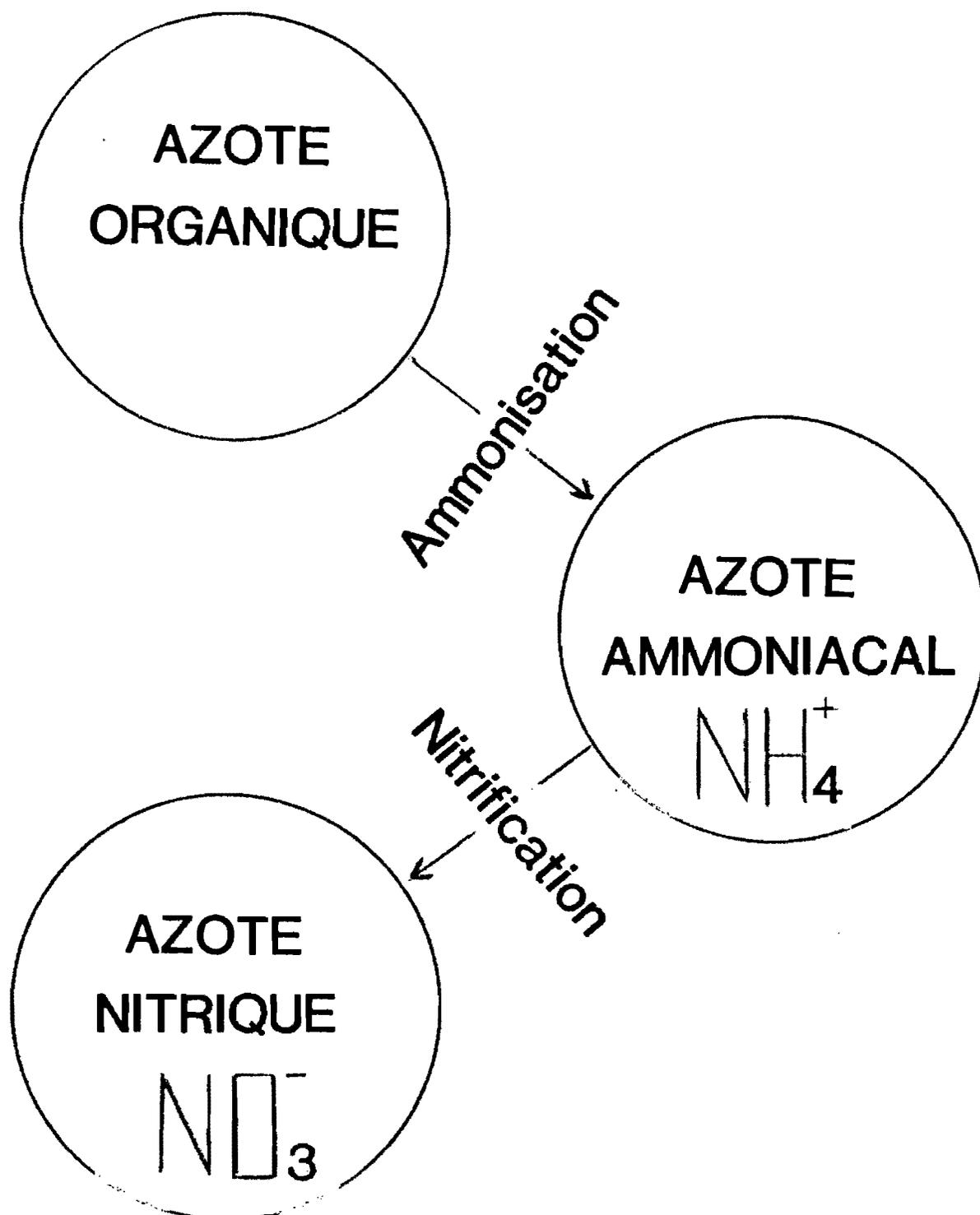
4. Soltner, Dominique - Les bases de la production Végétale, Tome 1 - Le Sol. Collection Sciences et Techniques Agricoles. Sainte-Gemme-sur-Loire, 1982.

## REPONSE DU PADDY AUX ENGRAIS AU MALI

Traitement (kg/ha)			Rendement en paddy (kg/ha)
N	P2O5	K2O	
0	0	0	3260
40	0	0	4885
60	0	0	5550
100	0	0	5900
0	163	100	3581
40	163	100	4645
60	163	100	5222
100	163	100	5862

Source : Réponse du riz aux applications d'engrais par J.J. Doyle. FAO. p. 44.

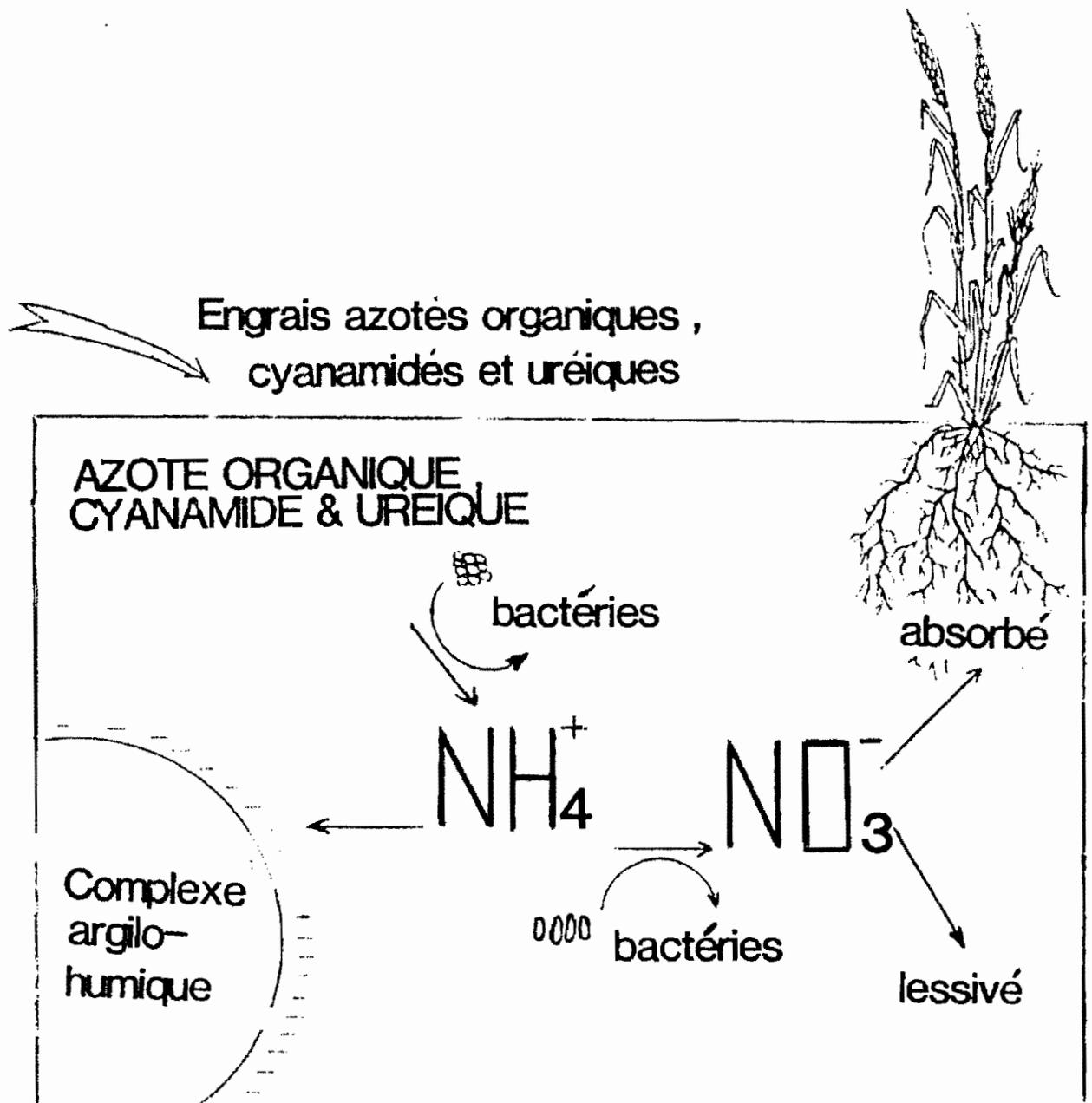
## TROIS FORMES DE L'AZOTE DANS LE SOL



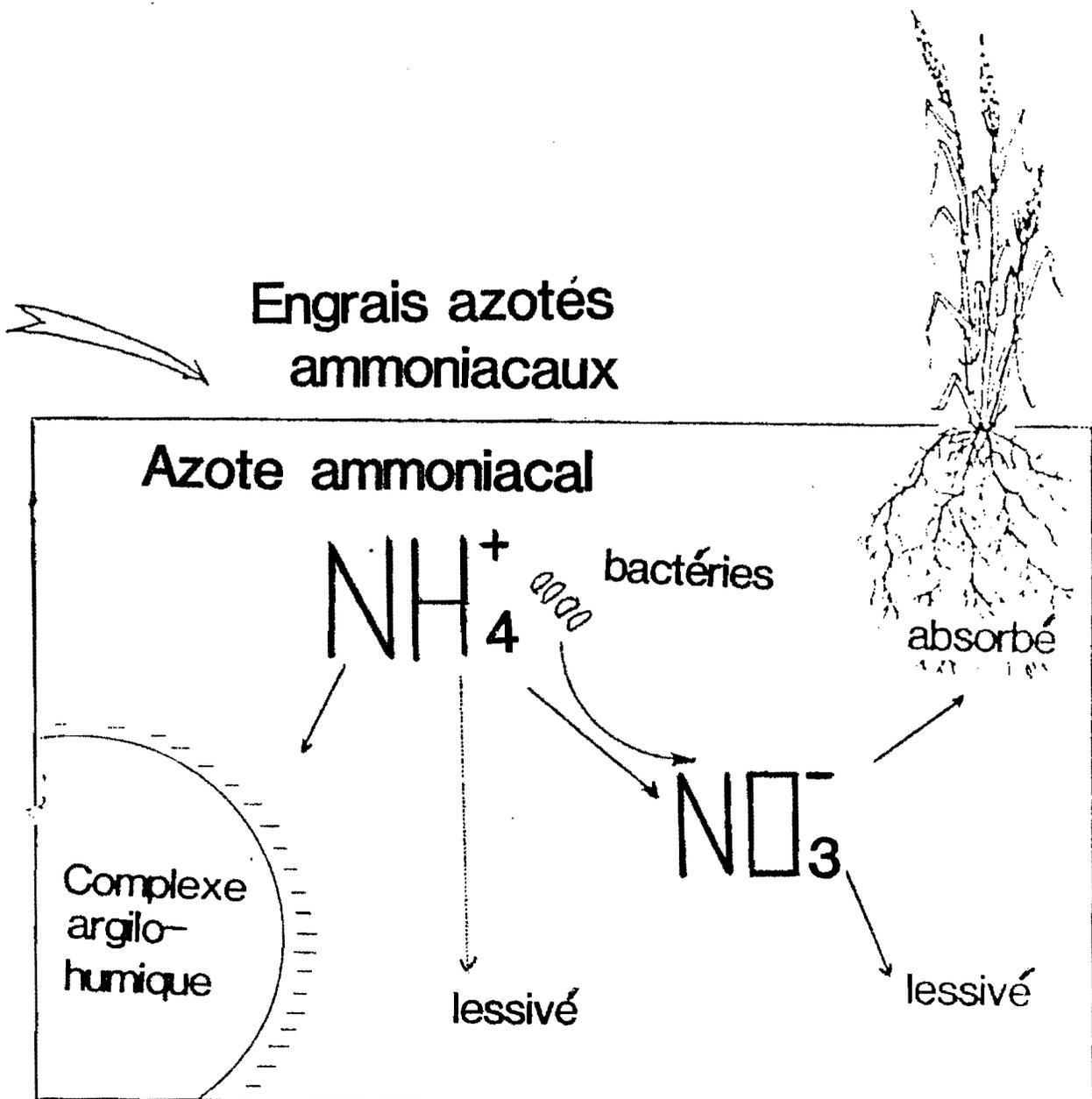
## PRINCIPAUX ENGRAIS AZOTÉS

1. ENGRAIS AZOTÉS ORGANIQUES
2. ENGRAIS AZOTÉS CYANAMIDES,  
UREIQUES, ET AMMONIACAUX
  - a. Cyanamide de chaux: 18 – 22% N
  - b. Urée: 46% N
  - c. Sulfate d'ammoniaque: 20,5 – 21% N
  - d. Phosphate d'ammoniaque: 17 – 20% N
3. ENGRAIS AZOTÉS NITRIQUES
  - a. Nitrate de soude: 16% N
  - b. Nitrate de chaux: 15 – 15,5% N
  - c. Nitrate de potasse: 13% N
4. ENGRAIS AZOTÉS  
AMMONIACO-NITRIQUES
  - a. Nitrate d'ammoniaque: 35 – 35,5% N

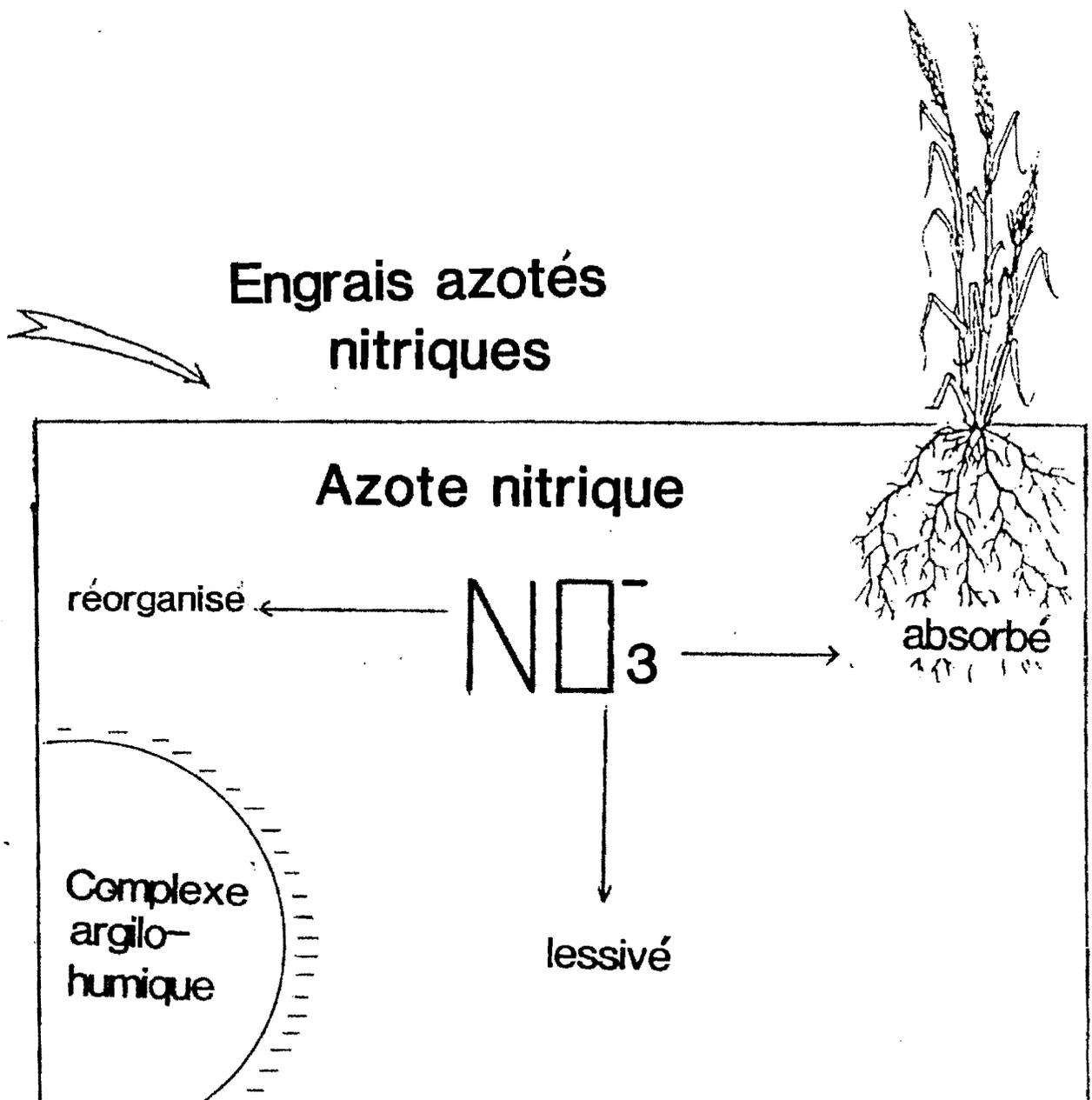
# EVOLUTION DES ENGRAIS AZOTES ORGANIQUES, CYANAMIDES ET UREIQUES DANS LE SOL



# EVOLUTION DES ENGRAIS AZOTES AMMONIACAUX DANS LE SOL



# EVOLUTION DES ENGRAIS AZOTES NITRITES DANS LE SOL



## UNITE 7

### ENGRAIS PHOSPHATES

#### I. OBJECTIFS DE L'UNITE

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

- de décrire les formes du phosphore dans le sol ;
- d'expliquer comment on peut reconnaître qu'un sol a besoin de phosphore ;
- de décrire les caractéristiques des différents engrais phosphatés ;
- d'identifier des engrais phosphatés vulgarisés ;
- de choisir correctement un engrais phosphaté à appliquer ;
- de déterminer l'époque d'application des engrais phosphatés ;
- de calculer correctement la dose des engrais à appliquer.

#### II. QUESTIONS D'ETUDE

1. Sous quelles formes se trouve le phosphore dans le sol ?
2. Comment peut-on reconnaître qu'un sol a besoin de phosphore ?
3. Comment classe-t-on les engrais phosphatés ?

4. Quelles sont les caractéristiques des engrais phosphatés solubles dans l'eau ?
5. Quelles sont les caractéristiques des engrais phosphatés peu solubles ?
6. Quelles sont les caractéristiques des engrais phosphatés insolubles ?
7. Comment choisit-on un engrais phosphaté ?
8. Quand doit-on appliquer l'engrais phosphaté ?
9. Comment calcule-t-on la dose des engrais phosphatés à appliquer ?

### III. DISCUSSION

1. Sous quelles formes se trouve le phosphore dans le sol ?

- a. Forme assimilable ou échangeable

- Les ions phosphoriques dissous dans la solution du sol : La concentration en  $P_2O_5$  est extrêmement faible (0,2 à 0,5 mg par litre). C'est la forme assimilable par la plante.
- Les ions phosphoriques adsorbés sur le complexe argilo-humique, les hydroxydes de fer et d'aluminium. Ils ne représentent qu'une faible partie de phosphore total, par contre ils constituent la majeure partie du phosphore assimilable ou échangeable.

- b. Forme organique : humus

- C'est une réserve facilement mobilisable par la minéralisation de l'humus, sous l'action microbienne, qui libère du phosphore à l'état minéral.

c. Forme de sels de calcium insolubles

- Ce sont des phosphates tricalciques, des phosphates de fer et d'aluminium.
- C'est la réserve générale à partir de laquelle, à la suite de nombreuses et lentes transformations de nature physique, chimique ou biologique, une petite fraction parviendra au bout de la chaîne dans les solutions du sol.

2. Comment peut-on reconnaître qu'un sol a besoin de phosphore ?

a. Par les symptômes que présente une plante manquant de phosphore :

- Faible dimension et en particulier développement insuffisant des racines ;
- Tige fusiforme ;
- Maturité plus tardive ;
- Coloration pourpre sur le feuillage de certaines plantes ; les pointes des vieilles feuilles se nécrosent souvent ;
- Absence ou mauvais développement des fruits ainsi que des graines.

b. Par les analyses du sol

- Par les analyses du sol, on connaît la teneur en phosphore assimilable de celui-ci.
- La détermination des besoins en phosphore est basée sur les résultats analytiques en tenant

compte du type de sol et du type de culture envisagé.

3. Comment classe-t-on les engrais phosphatés ?

3.1. Les engrais phosphatés solubles dans l'eau, à action rapide, contenant du phosphate monocalcique.

3.2. Les engrais phosphatés hyposolubles :

- très peu solubles dans l'eau, mais solubles dans le citrate d'ammoniaque ou l'acide citrique.

- contenant du phosphate bicalcique, des silico-phosphates et des phosphates basiques.

3.3. Les engrais phosphatés insolubles dans l'eau et dans le citrate

- contenant surtout de phosphate tricalcique, en grande partie sous forme d'apatite.

4. Quelles sont les caractéristiques des engrais phosphatés solubles dans l'eau.

4.1. Superphosphates de chaux (Super)

a. Superphosphate simple

- contenant :

14 à 20 % de  $P_2O_5$ ,

28 % de chaux (CaO)

11 à 12 % de soufre

une petite quantité d'oligo-éléments (Fe, Zn, B, Mn, Mo).

b. Superphosphate enrichi

- contenant :

25 - 32 % de  $P_2O_5$

6 - 8 % de soufre

c. Superphosphate triple

- contenant :

40 - 50 % de  $P_2O_5$

ne contenant pratiquement plus de soufre ;

- se présentant sous forme granulée ;

- ayant la préférence sur les super simples à cause de la plus grande richesse en  $P_2O_5$  d'où prix à l'unité moindre pour transports à longues distances.

4.2. Phosphate d'ammoniaque

- c'est un engrais composé binaire NP ;

- très soluble dans l'eau donc très rapide d'action ;

- employé en localisation, notamment au semis du maïs ;

- contenant

40 - 52 % de  $P_2O_5$

17,5 - 20 % d'azote ammoniacal ;

- souvent fabriqué en granulés

5. Quels sont les engrais phosphatés hyposolubles ? Décrire leurs caractéristiques.

5.1. Phosphates bicalciques ou précipités

- 40 % de  $P_2O_5$
- Surtout utilisés dans les engrais composés.
- Sa rapidité d'action est intermédiaire entre celles de scories et des superphosphates.
- Capable d'assurer efficacement l'entretien de la fertilité surtout dans les sols modérément acides, mais son prix relativement élevé limite sa compétitivité.

5.2. Les scories de déphosphoration (Scories Thomas)

- sous produit de la fabrication de l'acier à partir de fontes phosphoreuses ;
- 16 - 20 % de  $P_2O_5$  ;
- 45 - 55 % de chaux ;
- contenant aussi Mg, Mn, Cu, Mo ;
- relativement peu coûteux ;
- employés aussi bien en fumure d'entretien qu'en fumure de redressement ;
- utilisé en terres acides et surtout sur prairies

5.3. Le phosphal

- 34 % de  $P_2O_5$
- 11 % de CaO

- fabriqué à partir des minerais phosphatés alumino-calciques extraits au Sénégal (Région de Thiès) ;
- une rapidité d'action comparable à celle des scories mais apportant peu de CaO et d'oligo-éléments ;
- très utilisés pour la fabrication d'engrais composés.

## 6. Quels sont les engrais phosphatés insolubles

### 6.1. Phosphates naturels (Phosphate de Tilemsi)

- Contenant 25 - 35 % de  $P_2O_5$  selon leur origine.
- Pour être utilisable, ils doivent être traités soit par la chaleur (calcination), soit par la monture fine (passe au tamis de 100 ou 150).
- A pH inférieur à 7, ayant une solubilité dans l'eau du sol capable de maintenir à un niveau suffisant la teneur en  $P_2O_5$  assimilable (0,5 mg/litre)
- Leur rapidité d'action dépend de leur finesse de broyage : préférer les produits dont 90 % passent au tamis 300.
- Employés de préférence dans les sols légèrement acides ou acides.
- Plus efficace si l'activité biologique (racines et microbes) est intense.
- Particulièrement bien solubilisés par les racines des plantes prairiales (graminées et

légumineuses), les crucifères, les arbres fruitiers et forestiers...

- Plus efficaces en sols et climats humides qu'en conditions sèches.

## 7. Comment choisit-on un engrais phosphaté ?

Il y a plusieurs critères qui guident le choix d'un engrais phosphaté :

### a. Mode d'action

- Pour une action immédiate, les engrais phosphatés solubles sont préférés.
- Pour une action lente et progressive, les engrais phosphatés hyposolubles ou insolubles peuvent être utilisés.

### b. Nature du sol

- En sols calcaires, le superphosphate, le bicalcique et même les scories doivent donner de bons résultats.
- L'emploi des scories mérite cependant d'être consacré aux sols acides pour lesquels il a un net effet correcteur du pH.
- Les phosphates naturels finement moulus demeurent intéressants lorsque le pH est inférieur à 6.
- En sols basaltiques ou riches en hydroxydes de fer et d'aluminium, le phosphal apparaît à éviter.

### c. Nature de la culture

- Les engrais les plus solubles (superphosphates, phosphate d'ammoniaque) apparaissent parfaitement indiqué pour l'apport annuel en début de végétation ou pour des actions de redressement rapide. Ils favorisent le départ en végétation).
- Pour une culture à rester plusieurs années (prairies temporaires, verger), il est intéressant d'enfouir en profondeur avant semis ou plantation un engrais phosphaté sous forme hyposoluble (scories, phosphal, etc...).
- Pour les cultures qui sont friandes (crucifères, légumineuses), la forme superphosphate qui apporte du soufre est préférée.

### 8. Quand doit-on appliquer l'engrais phosphaté ?

Il faut utiliser la fumure phosphatée :

- au début de la croissance des plantes car c'est le moment des besoins importants ;
- si la forme utilisée est peu soluble, il faut épandre d'autant plus tôt ;
- comme le P est peu mobile, il faut mettre celui-ci au niveau des racines par un labour, sauf pour les formes très solubles.

### 9. Comment calcule-t-on la dose des engrais phosphatés à appliquer ?

- Il s'agit de calculer la dose d'engrais phosphaté qui contient la quantité des unités fertilisantes

d'acide phosphorique ( $P_2O_5$ ) que l'on veut apporter au sol.

- On peut utiliser la formule suivante :

$$\text{Dose d'engrais phosphaté} = \frac{\text{Unités fertilisantes à apporter} \times 100}{\text{Teneur en } P_2O_5 \text{ de l'engrais}}$$

- Exemple : Combien de kilos de superphosphate triple (40 % de  $P_2O_5$ ) doit-on utiliser pour apporter au sol 60 kg de  $P_2O_5$  ?

. Unités fertilisantes à apporter : 60 kg  $P_2O_5$

. Teneur en  $P_2O_5$  de superphosphate triple : 40 %

. Dose de superphosphate triple à employer =

$$\frac{60 \times 100}{40} = 150 \text{ kg}$$

#### IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Utiliser les résultats des essais de fumure phosphatée au Mali pour sensibiliser les élèves et pour montrer le rôle important des engrais phosphatés dans l'agriculture malienne.
2. Montrer des échantillons des divers engrais phosphatés, en reprenant en résumé, les caractéristiques de ces engrais.
3. Faire pratiquer l'identification des engrais phosphatés vulgarisés.
4. Faire observer la solubilité des engrais phosphatés en mettant une petite quantité de chacun dans une éprouvette contenant de l'eau.

5. Donner aux élèves des exercices à faire comme les suivantes :

- a. Des essais au champ ont montré que pour obtenir de bons rendements, il fallait appliquer 30 kg/ha de  $P_2O_5$ . Combien de super phosphate simple (18 % de  $P_2O_5$ ) devra être utilisé par hectare ?

Réponse :

Quantité de superphosphate simple =

$$\frac{30 \text{ kg/ha} \times 100}{18} = 167 \text{ kg/ha.}$$

- b. Combien de kg de phosphate de Tilemsi (25 % de  $P_2O_5$ ) doit-on utiliser pour donner au sol 80 kg de  $P_2O_5$  par hectare ?

Réponse :

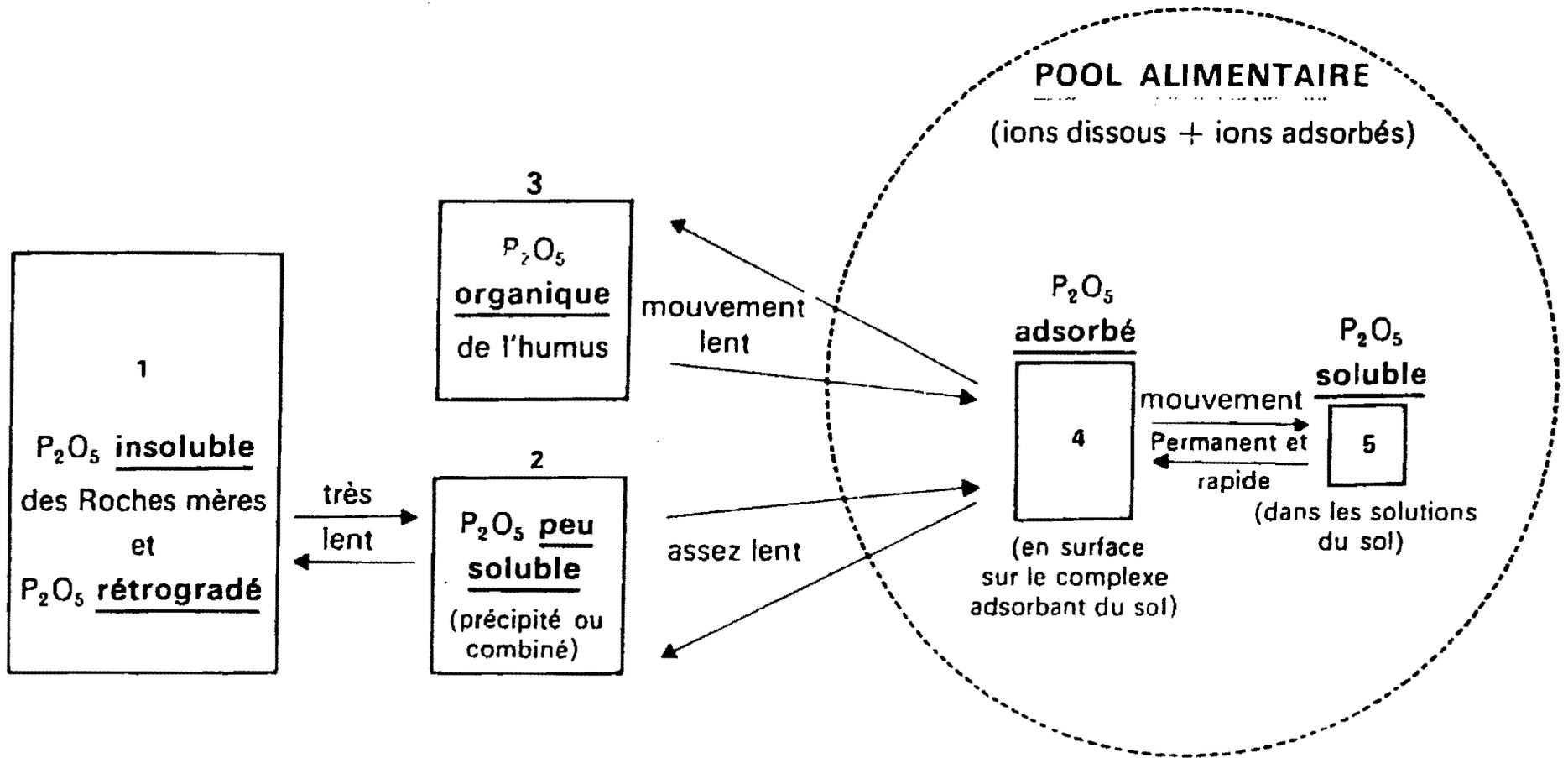
$$\frac{80 \text{ kg/ha} \times 100}{25} = 320 \text{ kg/ha.}$$

#### V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. B.I.T. - Cours de Fertilisation des Sols. Institut d'Economie Rurale. Bamako, 1972.
2. F.A.O. - Les Engrais et leurs Applications. F.A.O. Rome, 1980.
3. Gros, André - Engrais - Guide pratique de la fertilisation. La Maison Rustique, Paris, 1979.

4. Soltner, Dominique - Les Bases de la Production Végétale, Tome 1 - Le Sol. Collection Sciences et Techniques Agricoles. Sainte-Gemme-sur-Loire, 1982.

# LA DYNAMIQUE DU PHOSPHORE DANS LE SOL



## PRINCIPAUX ENGRAIS PHOSPHATES

### 1. ENGRAIS PHOSPHATES SOLUBLES

#### a. Superphosphates de chaux (Super):

– Super simple: 14 – 20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

– Super enrichi: 25 – 32% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

– Super triple: 40 – 50% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

#### b. Phosphate d'ammoniaque:

40 – 52% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

### 2. ENGRAIS PHOSPHATES HYPOSOLUBLES

a. Phosphates bicalciques: 40% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

#### b. Scories de déphosphoration:

16 – 20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

c. Fosphal: 34% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

### 3. ENGRAIS PHOSPHATES INSOLUBLES

a. Phosphates naturels: 25 – 35% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

# COMPOSITION CHIMIQUE DU PHOSPHATE DE TILEMSI

## TENEUR EN % DU MINERAL

P	12,2	Fe	0,863
Ca	30,8	Al	0,513
CO <sub>2</sub>	2,30	S	0,240
K	0,041	Cl	0,168
Na	0,075	F	2,60
Mg	0,210		

Source : L'utilisation agricole des phosphates naturels de Tilemsi (MALI) par F. Thibout, M.F. Traoré, C. Pieri, et J. Pichot. Agronomie Tropicale XXXV-3, p. 245.

# REPONSE DES CULTURES AUX PHOSPHATES NATURELS APPORTES EN FUMURE DE FOND

## REPONSE DES CULTURES AUX PHOSPHATES NATURELS APPORTES EN FUMURE DE FOND SOTUBA, KITA

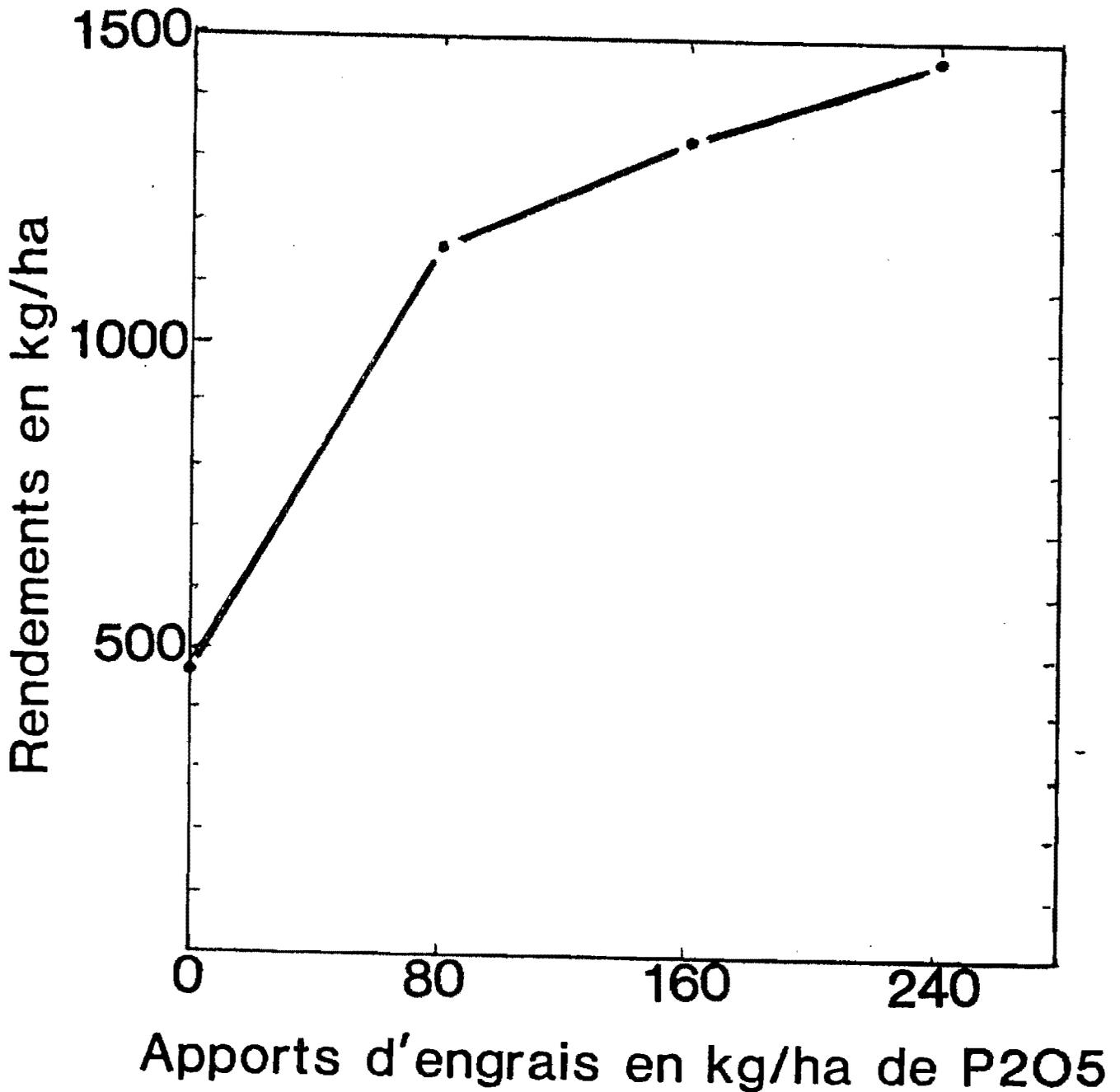
Nature de l'engrais	Apport de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	Maïs Tié-mentié	Arachide 28-206	Sorgho Sonin-koura	Arachide 28-206	Maïs * Jaune de Fô ou ** Tié-mentié	Somme des récoltes		Accroissements de rendements en kg/kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
							Céréales	Arachide	Céréales	Arachide	
SOTUBA (3 séries)	N.S.K. ....	0	1377	2081	1438	1831	* 756	3571	3912	—	—
	TILEMSI + NSK .....	70	3456	2521	1863	1942	1086	6405	4463	40,5	7,9
	TILEMSI + NSK .....	140	3931	2459	2378	1961	1675	7984	4421	31,5	3,6
	TAÏBA + NSK .....	160	3591	2601	2472	2167	2549	8812	4768	31,5	5,3
KITA (1 série)	N.S.K. ....	0	2200	2552	1424	1321	** 274	3898	3873	—	—
	TILEMSI + NSK .....	80	4804	3192	1894	1399	641	7339	4591	43,0	9,0
	TILEMSI + NSK .....	160	5274	3187	2555	1590	1532	9361	4777	34,1	5,0
	TILEMSI + NSK .....	240	5473	3118	2743	1619	2437	10653	4737	28,1	3,6
	TAÏBA + NSK .....	160	4711	3310	2528	1666	1836	9075	4976	32,3	6,9

## REPONSE DES CULTURES AUX PHOSPHATES NATURELS APPORTES EN FUMURE DE FOND SIKASSO

Nature des engrais	Apport de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	Maïs variété Tié-mentié	Cotonnier variété BJA	Riz pluvial variété Dourado	Arachide variété 28206	Maïs variété Tié-mentié	Somme des céréales	Accroissement de rendements en kg/kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
								Céréales	Cotonnier	Arachide
N.S.K. ....	0	690	1419	1065	1492	801	2556	—	—	—
TILEMSI + N.S.K. ....	80	2200	2422	1278	1444	931	4409	23,2	12,5	—
TILEMSI + N.S.K. ....	160	3170	2820	1868	1643	1618	6654	25,6	8,8	1
TILEMSI + N.S.K. ....	240	3267	3078	2098	1530	2344	7709	21,5	6,9	1
TAÏBA .....	160	2830	2927	1960	1364	2288	7078	28,3	9,4	—

Source : L'utilisation agricole des phosphates naturels de Tilemsi (MALI) par F. Thibout, M.F. Traoré, C. Pieri, et J. Pichot. Agronomie Tropicale XXXV-3, p. 248.

# REPONSE DU MIL AU PHOSPHATE DE TILEMSI (Essai réalisé à Seno)



Source : L'utilisation agricole des phosphates naturels de Tilemsi (Mali) par F. Thibout, M.F. Traoré, C. Pieri et J. Pichot. Agronomie Tropicale XXXV-3 p. 243.

## UNITE 8

### ENGRAIS POTASSIQUES

#### I. OBJECTIFS DE L'UNITE

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

- de décrire les formes de potassium dans le sol ;
- d'expliquer comment on peut reconnaître qu'un sol a besoin de potassium ;
- de décrire les caractéristiques des différents engrais potassiques ;
- d'identifier des engrais potassiques vulgarisés ;
- de choisir correctement un engrais potassique à appliquer ;
- d'effectuer correctement une fumure potassique ;
- de calculer correctement la dose des engrais potassiques à appliquer.

#### II. QUESTIONS D'ETUDE

1. Sous quelles formes se trouve le potassium dans le sol ?
2. Comment peut-on reconnaître qu'un sol a besoin de potassium ?
3. Quelles sont les caractéristiques des principaux engrais potassiques ?
4. Comment doit-on effectuer la fumure potassique ?

5. Comment calcule-t-on la dose d'engrais potassique à appliquer ?

### III. DISCUSSION

1. Sous quelles formes se trouve le potassium dans le sol ?

- a. Le potassium assimilable ou échangeable à l'état d'ions libres dans la solution ou adsorbés sur le complexe argilo-humique.

- Représentant 1 - 2 % du potassium total. Plus de 90 % de cette quantité est adsorbé, et moins de 10 % se trouve en solution.

- Les plantes peuvent d'ailleurs utiliser non seulement les ions  $K^+$  libres, mais aussi prélever directement les ions  $K^+$  adsorbés.

- b. Le potassium lié aux minéraux silicatés de type mica ou feldspath et aux argiles proches de micas (l'illite par exemple).

- représentant 90 - 98 % du potassium total.

- n'étant utilisable qu'à long terme.

- c. Le potassium "rétrogradé" ou fixé

- Les ions  $K^+$  peuvent passer des surfaces externes aux surfaces internes des feuillets d'argile, où ils sont fixés.

- Ce mouvement est favorisé par l'élévation du pH, par l'abondance des ions  $Ca^{++}$  et par la dessiccation favorisant le resserrement des feuillets.

- Le potassium rétrogradé constitue une réserve lentement utilisable.

d. Le potassium lié aux matières organiques

- Il se trouve sous des formes particulièrement utilisables par la plante ;
- De plus, les microbes du sol fixent dans leur organisme du potassium d'origine minérale ou organique, qu'ils restituent par la suite sous des formes très assimilables.

2. Comment peut-on reconnaître qu'un sol a besoin de potassium ?

a. Par les symptômes que présente la plante manquant de potassium.

- Les plantes poussent lentement.
- Les bords des feuilles ont un aspect desséché qui se manifeste tout d'abord sur les vieilles feuilles.
- La tige est faible et les plantes versent facilement.
- Les graines et les fruits sont vidés.
- La résistance de la plante aux rouilles et autres maladies est moins forte.

b. Par les analyses du sol

- Par les analyses du sol, on connaît la teneur en potassium échangeable de celui-ci.

- La détermination des besoins en potassium est basée sur les résultats analytiques en tenant compte du type de sol et du type de culture envisagé.

### 3. Quels sont les caractéristiques des principaux engrais potassiques ?

#### 3.1. La sylvinite

- contenant 40 % de  $K_2O$
- contenant encore 30 % de chlorure de sodium  $NaCl$ , qui favorise le glaçage des terres argileuses.
- utilisée sans danger dans les terres sableuses ou calcaires.
- devant s'utiliser assez longtemps avant la mise en place des cultures (risque de phytotoxicité sur les plantules en germination).

#### 3.2. Le chlorure de potassium ( $KCl$ )

- contenant 60 % de  $K_2O$  et 3 % de  $NaCl$ .
- le plus utilisé sur tous les sols et pour toutes les cultures, sauf celles craignant le chlorure (tabac, lin, haricot).

#### 3.3. Le sulfate de potasse ( $K_2SO_4$ )

- contenant 50 % de  $K_2O$  et 18 % de soufre et pas de chlore.
- convenant aux cultures craignant de chlore, aux crucifères et pommes de terres exigeantes en soufre, et à toutes cultures pour lesquelles on

recherche surtout la qualité : arbres fruitiers, cultures maraîchères et florales.

- pouvant s'employer en apports tardifs jusqu'au semis, et parfois au buttage pour les pommes de terre.
- engrais de qualité mais plus coûteux que le chlorure de potassium.

### 3.4. Le nitrate de potasse (KNO<sub>3</sub>)

- engrais composé binaire N-K.
- contenant 44 % de K<sub>2</sub>O et 13 % d'azote nitrique.
- excellent engrais à action très rapide.

## 4. Comment doit-on effectuer la fumure potassique ?

### 4.1. Les exigences des principales cultures

- a. Céréales : leurs besoins en potasse sont modérés.
- b. Plantes racines, tubercules, arbres fruitiers, cultures oléagineuses : ce sont des cultures qui bénéficient des fumures potassiques les plus élevées.
- c. Cultures fourragères : très avides de potasse.

### 4.2. Les doses et la fréquence des applications

- En général, les sols pauvres, sableux ou calcaires recevront des fumures potassiques plus faibles et plus fréquentes que les sols argileux à forte capacité d'échange, pour lesquels les apports seront plus copieux et plus espacés.

#### 4.3. Epoque et mode d'emploi des engrais potassiques

- Les engrais potassiques sont des engrais de fond dont l'épandage est toujours précédent le semis ou la plantation : environ trois semaines à un mois pour le chlorure, sauf pour le nitrate et le sulfate de potassium.
- Enfouir les engrais potassiques aussitôt que car le risque de déperdition de potasse est limité.
- En cas d'épandage en surface, il est recommandé d'enfouir énergiquement par hersage ou scarif.
- Il est bon que ces engrais se trouvent bien répartis dans les différentes couches du sol, à la portée des racines, car le potassium diffuse lentement latéralement et verticalement.

#### 5. Comment calcule-t-on la dose d'engrais potassique à appliquer ?

- La dose d'engrais potassique à appliquer pour apporter une quantité des unités fertilisantes de potasse  $K_2O$  peut se calculer par la formule suivante :

$$\text{Dose d'engrais potassique} = \frac{\text{Unités fertilisantes à apporter} \times 100}{\text{Teneur en } K_2O \text{ de l'engrais}}$$

- Exemple : Combien de chlorure de potassium (60 %  $K_2O$ ) doit-on utiliser pour un apport de 30 kg de  $K_2O$  ?
  - . Unités fertilisantes  $K_2O$  à apporter : 30 kg
  - . Teneur en  $K_2O$  du chlorure de potassium : 60 %

Réponse :

Quantité d'azote :

$$\frac{13 \times 200}{100} = 26 \text{ kg de N}$$

Quantité de potasse :

$$\frac{44 \times 200}{100} = 88 \text{ kg de K}_2\text{O}$$

#### V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. B.I.T. - Cours de Fertilisation des Sols. Institut d'Economie Rurale. Bamako, 1972.
2. F.A.O. - Les Engrais et leurs Applications. F.A.O. Rome, 1980.
3. Gros, André - Engrais - Guide pratique de la fertilisation. La Maison Rustique, Paris, 1979.
4. Soltner, Dominique - Les Bases de la Production Végétale, Tome 1 - Le Sol. Collection Sciences et Techniques Agricoles. Sainte-Gemme-sur-Loire, 1982.

. Dose de chlorure de potassium =

$$\frac{30 \times 100}{60} = 50 \text{ kg}$$

#### IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Utiliser les résultats des essais de fumure potassique au Mali pour sensibiliser les élèves et pour montrer le rôle important des engrais potassiques en agriculture.
2. Montrer des échantillons de divers engrais potassiques, en reprenant en résumé, les caractéristiques de ces engrais.
3. Faire pratiquer d'identifier les engrais potassiques vulgarisés.
4. Donner aux élèves des exercices à faire comme les suivantes :
  - a. Combien de kg de chlorure de potasse (60 %  $K_2O$ ) doit-on utiliser pour donner au sol 40 kg/ha de  $K_2O$  ?

Réponse :

Quantité de chlorure de potasse =

$$\frac{40 \times 100}{60} = 67 \text{ kg/ha.}$$

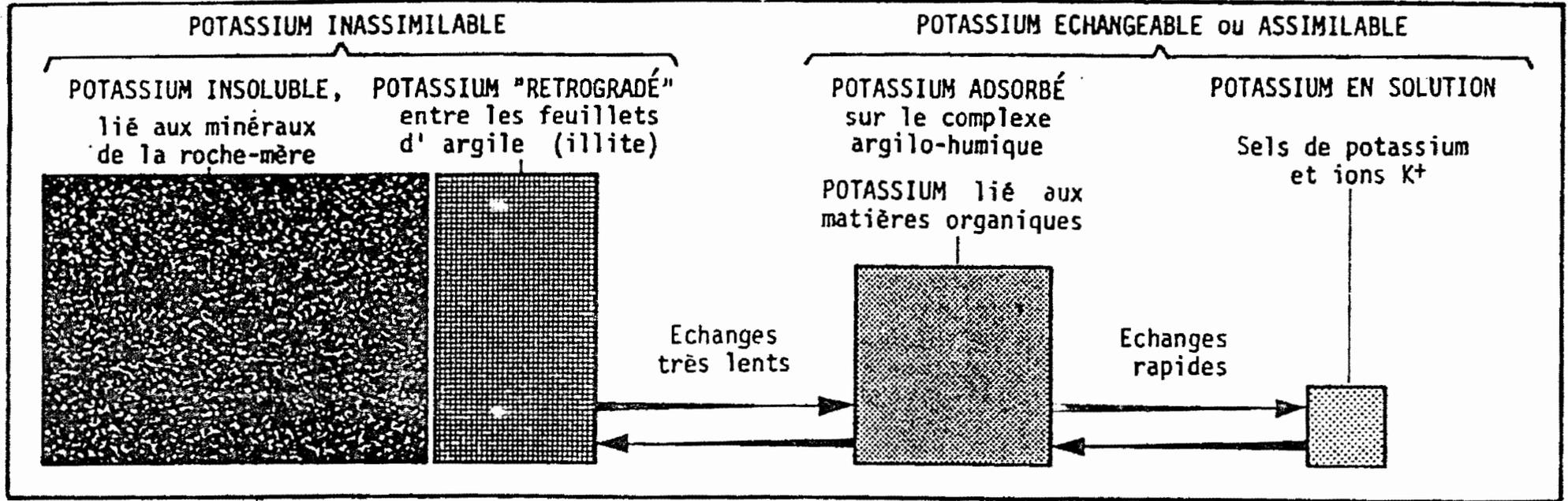
- b. Quels éléments et en quelles quantités apportent 200 kg de nitrate de potasse à un hectare ? (Titre : 13 % d'azote et 44 % de potasse).

# RENDEMENTS EN kg/ha DE COTON-GRAINE EN FONCTION DE LA DOSE DE $K_2O$

Dose $K_2O$ /ha	0 $K_2O$	40 $K_2O$	80 $K_2O$	120 $K_2O$	Moyenne
Totalité $K_2O$ semis .....	1 563	1 822	1 875	1 768	1 757
Apports fraction- nés decadaires....	1 469	1 752	1 639	1 690	1 637
Moyenne .....	1 516	1 787	1 757	1 729	

Source : Coton et Fibres Tropicales : 1980, Vol XXXV, fasc. 1, IRCT, p.47

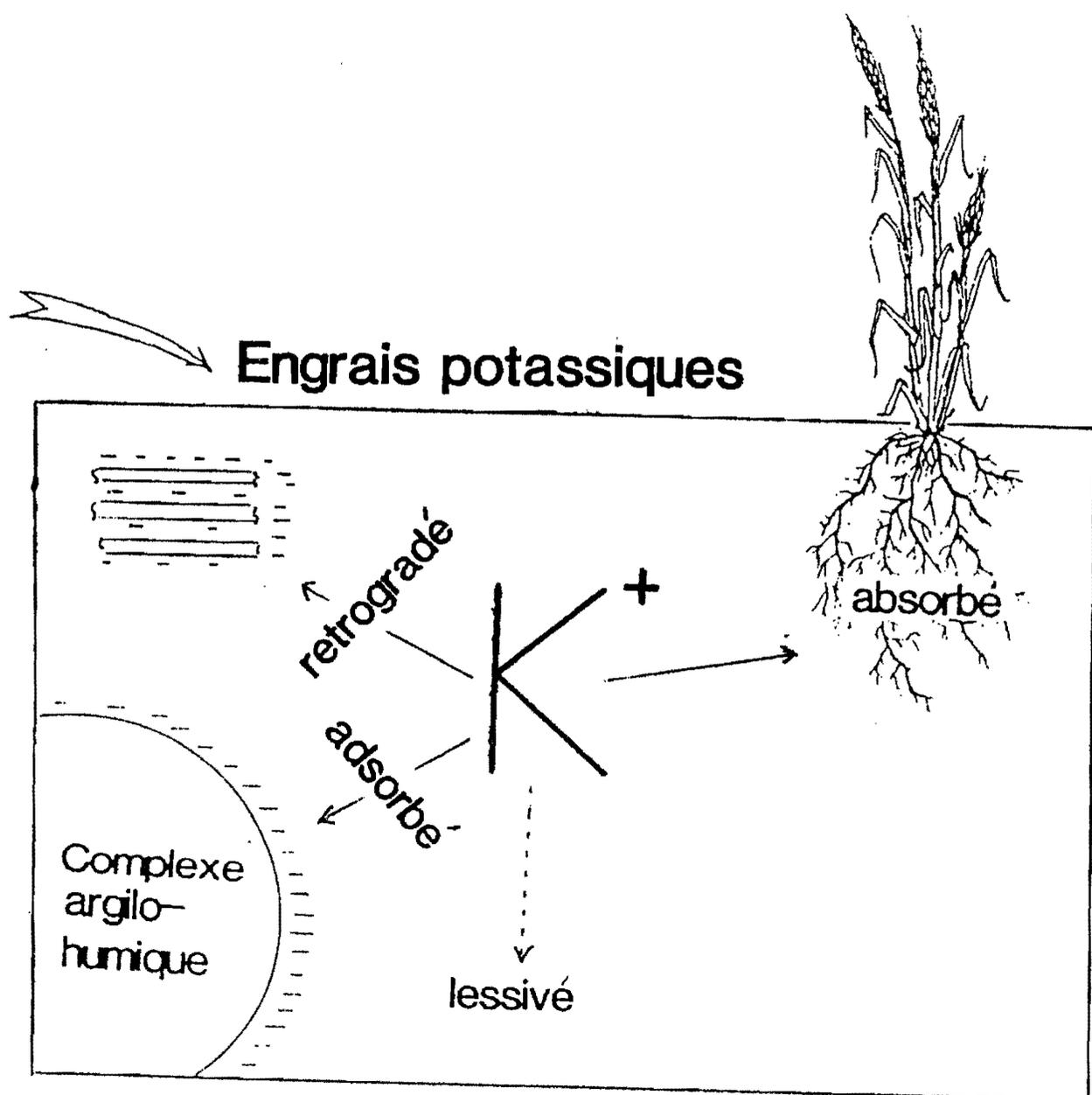
# FORMES DE POTASSIUM DANS LE SOL



Les réserves de potassium du sol sont énormes et quasi inépuisables. On peut les chiffrer ainsi pour un ha (d'après SCHACHT-SCHABEL) : Potassium lié aux minéraux et fixé entre les feuillets d'argile : 140 tonnes. Potassium échangeable, sur le complexe argilo-humique : 2 tonnes. Potassium en solution : 10 kg.

C'est d'une activité biologique élevée que dépend l'utilisation régulière et suffisante de ces réserves.

# EVOLUTION DES ENGRAIS POTASSIQUES DANS LE SOL



ANNEXE 8.1

TABLEAU SYNTHETIQUE COMPARATIF DES ENGRAIS N.P.K.

ACTIONS	ENGRAIS AZOTES	ENGRAIS PHOSPHATES	ENGRAIS POTASSIQUES
1. Croissance	Jeunes tissus-feuilles	Jeunes tissus-racines	Tissus ligneux réserves-tubercules
2. Formes	-Fumier-azote organique -Azote ammoniacal -Azote nitrique	-En solution -Complexe argilo-humique  -Fumures organiques -Phosphates naturels	-En solution -Complexe argilo-humique  -Silicate de potasse, non assimilable (argile)
3. Principaux engrais	-Sulfate d'ammonique -Urée	-Très solubles : superphosphates -Peu solubles : phosphates bicalciques -Très peu solubles : P. tricalciques	-Chlorure de potasse -Nitrate de potasse
4. Rapidité	-Action rapide	-Action lente	-Diffusion lente et continue Antagonisme avec bases
5. Moment	-Fractionnement suivant besoins	-Labour	-Labour Doses faibles si sol pauvre en humus
6. Consommation de la	-Peut-être exagérée. A limiter à cause du déséquilibre végétatif	-Limitée aux besoins	-Illimitée

## ANNEXE 8.2

## DOSAGE DES ENGRAIS SIMPLES

ENGRAIS	UNITE DE MATIERE ACTIVE(M.A.)	POIDS EN KG D'ENGRAIS POUR 1 UNITE M.A.
<u>ENGRAIS AZOTES</u>		
- Cyanamide de chaux	18 - 22 organique	5,5 à 4,6
- Urée (perlurée)	45 - 46 organique	2,2
- Sulfate d'ammoniaque	20 - 21 ammoniacal	5 à 4,8
- Phosphate d'ammoniaque	17,5 - 20 ammoniacal	5,2 à 5
- Nitrate d'ammoniaque	34,9 - 35,5 mi-nitrique	3,3
- Nitrate de chaux	15 - 15,5 nitrique	6,6
- Nitrate de soude	16 nitrique	6,3
- Nitrate de potasse	13 nitrique	7,7
<u>ENGRAIS PHOSPHATES</u>		
	Acide phosphorique $P_2O_5$	
- Superphosphate simple	14 - 20	7,2 à 5
- Super triple	40 - 50	2,5 à 2
- Phosphate d'ammoniaque	40 - 52	2,5 à 2
- Phosphate bicalcique	36 - 40	2,8 à 2
- Phosphal	(26 soluble ( 8 insoluble	3
- Scories de déphosphoration	16 - 20	6,3 à 4,5
- Phosphates naturels moulus	25 - 35	4 à 2,9
<u>ENGRAIS POTASSIQUES</u>		
	Potasse $K_2O$	
- Sylvinite double	40	2,5
- Chlorure de potassium	60	1,7
- Sulfate de potasse	50	2
- Nitrate de potasse	44	2,3

## UNITE 9

### ENGRAIS COMPOSES

#### I. OBJECTIFS DE L'UNITE

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

- de définir les engrais binaires et les engrais ternaires ;
- d'expliquer comment la composition des engrais composés est exprimée ;
- de citer les avantages et les inconvénients des engrais composés ;
- de décrire les caractéristiques des engrais composés ;
- de reconnaître les conditions d'emploi des engrais composés ;
- de mélanger correctement les engrais composés.

#### II. QUESTIONS D'ETUDE

1. Qu'est-ce qu'un engrais binaire ? Un engrais ternaire?
2. Comment exprime-t-on la composition des engrais composés ?
3. Quels sont les avantages et inconvénients des engrais composés ?
4. Quels sont les différents engrais composés ? Décrire leurs caractéristiques ?

5. Quelles sont les deux erreurs que l'agriculteur doit éviter en utilisant les engrais composés ?
6. Quand faut-il épandre les engrais composés contenant de l'azote et les engrais binaires phosphatés et potassiques ?
7. Pourquoi faut-il prendre précaution en mélangeant les engrais composés ? Comment doit-on faire les mélanges ?

### III. DISCUSSION

#### 1. Qu'est-ce qu'un engrais binaire ? Un engrais ternaire ?

##### 1.1. Un engrais binaire est un engrais composé qui apporte deux éléments fertilisants principaux.

Par exemple : - le phosphate d'ammoniaque est un engrais binaire N-P.

- le nitrate de potassium est un engrais binaire N-K.

##### 1.2. Un engrais ternaire est un engrais composé qui apporte trois éléments fertilisants principaux, N-P-K.

#### 2. Comment exprime-t-on la composition des engrais composés ?

- La composition des engrais composés s'exprime par une formule de trois nombres, représentant dans l'ordre N-P-K, la quantité de chacun de ces éléments contenus dans 100 kg d'engrais solides.

- Exemple :

1° L'engrais composé 10 - 12 - 15 contient pour  
100 kg de mélange :

10 kg ou unités d'azote pur (N),

12 kg ou unités d'acide phosphorique ( $P_2O_5$ ),

15 kg ou unités de potasse ( $K_2O$ ).

2° L'engrais composé 15 - 20 - 0 contient pour  
100 kg de mélange :

15 kg ou unités d'azote pur (N),

20 kg ou unités d'acide phosphorique ( $P_2O_5$ ).

3° L'engrais composé 12 - 0 - 18 contient pour  
100 kg de mélange :

12 kg ou unités d'azote pur (N),

18 kg ou unités de potasse ( $K_2O$ ).

- Si l'on additionne les trois nombres de la formule,  
on obtient le nombre de kg de matière active (M.A.)  
pour 100 kg d'engrais.

Par exemple : l'engrais composé 10 - 12 - 15 con-  
tient pour 100 kg de mélange :

$$10 + 12 + 15 = 37 \text{ kg de M.A.}$$

- Les nombres qui désignent N-P-K peuvent être suivis  
par les nombres désignant les autres éléments (élé-  
ments secondaires par exemple).
- Les formules avec du sulfate de potasse portent  
l'indication S.

### 3. Quels sont les avantages et inconvénients des engrais composés ?

#### 3.1. Avantages des engrais composés

- Facilité et rapidité d'application ;
- Economie de main-d'oeuvre et de traction, résultant de l'épandage de deux ou trois éléments en une seule opération ;
- Mélange mieux fait en usine, plus homogène, suppression des erreurs possibles ;
- Apports de deux ou trois éléments en évitant des déficiences majeures en tel ou tel élément ;
- Economie de sacherie et de transport dans le cas des formules concentrées.

#### 3.2. Inconvénients des engrais composés

- Les engrais composés ne sont pas toujours adaptés aux sols ou aux cultures considérées ;
- Epandage unique ; alors que les engrais azotés doivent être fournis pour répondre aux besoins des cultures, les autres (P,K) doivent être épandus à l'avance ;
- Les engrais composés sont en principe épandus en fonction des exigences de l'application de l'azote.

### 4. Quels sont les différents engrais composés ? Décrire leurs caractéristiques.

On peut distinguer :

- Les engrais binaires azotés et phosphatés (N-P) ;
- Les engrais binaires azotés et potassiques (N-K) ;
- Les engrais binaires phosphatés et potassiques (P-K) ;
- Les engrais ternaires.

#### 4.1. Les binaires azotés et phosphatés (N-P)

- Représentés par le phosphate d'ammoniaque ;
- Apportant de l'azote et du phosphore ;
- Très solubles ;
- Favorisant un bon départ de la végétation, d'où l'emploi de ces engrais au semis ou à la plantation pour activer le démarrage des cultures.
- Utilisés comme engrais starter (localisation d'une petite quantité de l'engrais autour de la semence).

#### 4.2. Les binaires azotés et potassiques (N-K)

- Représentés par le nitrate de potassium ;
- Apportant de l'azote et du potassium ;
- Entièrement solubles dans l'eau ;
- N'apportant pas de chlore ni de soufre acidifiant ;
- Utilisés sur toutes les cultures, et en particulier, sur les cultures maraîchères, florale ou arboricole ; parfois en pulvérisations foliaires sur les arbres fruitiers.

#### 4.3. Les binaires phosphatés et potassiques (P-K)

##### a. Caractéristiques générales

- Engrais de mélange de sels de potasse avec un engrais phosphaté ;
- Dosages très variés selon les proportions du mélange ;
- Engrais de fond, appliqués avant le labour ;
- Associant deux éléments retenus par le pouvoir absorbant, ne craignant pas le lessivage.

##### b. Différents binaires phosphatés et potassiques

- Phospho-potassiques : phosphates naturels broyés + chlorure de potassium (18-18, 19-19, 24-11...).
- Scories potassiques : scories + chlorure de potassium (12-12 ; 13-13 ; 13-7 ; 12-18...).
- Supers potassiques : super simple ou concentré + chlorure ou sulfate de potassium (20-20 ; 28-20 ; 25-25...).

#### 4.4. Les engrais ternaires

- Ce sont généralement des produits granulés et souvent de concentration plus ou moins forte.
- Les formules offertes sont très nombreuses.

#### 5. Quelles sont les deux erreurs que l'agriculteur doit éviter en utilisant les engrais composés ?

L'agriculteur doit éviter deux erreurs :

- a. L'emploi de l'engrais composé à une période trop précoce pour l'azote, la plante n'étant pas à un stade de développement suffisant pour bien utiliser cet élément essentiellement mobile ;
- b. L'emploi de ces mêmes engrais à une période trop tardive pour le phosphore et le potassium, ces éléments peu mobiles n'ayant pas le temps de parvenir aux racines ou restant en surface du fait de la sécheresse.

6. Quand faut-il épandre les engrais composés contenant de l'azote et les engrais binaires phosphatés et potassiques ?

6.1. Engrais composés contenant de l'azote

- Il faut épandre ces engrais à l'époque optimum pour l'azote, car les inconvénients d'un apport trop tardif pour le phosphore et le potassium sont infiniment moindres que ceux de l'épandage trop précoce de l'azote.

6.2. Engrais binaires phosphatés et potassiques

- Ce sont essentiellement des engrais de fond à utiliser assez longtemps à l'avance dans le sol.

7. Pourquoi faut-il prendre précaution en mélangeant les engrais composés ? Comment doit-on mélanger les engrais composés ?

### 7.1. Pourquoi faut-il prendre précaution en mélangeant les engrais composés ?

- Les constituants de deux engrais peuvent donner lieu à des réactions plus ou moins violentes qui se soldent :
  - . soit par des dégagements gazeux de matières fertilisantes qui seront en partie perdue avant l'emploi ;
  - . soit par une modification de l'état physique entraînant une impossibilité pratique d'utilisation ;
  - . soit par une élévation de température si forte qu'elle peut entraîner des incendies.

### 7.2. Comment doit-on faire les mélanges ?

- Il faut mélanger seulement les engrais qui sont mutuellement compatibles.
- Pour certains engrais, les mélanges sont possibles longtemps avant usage ; pour les autres, les mélanges doivent être réalisés au moment d'emploi seulement.
- Les engrais doivent être bien secs pour que le mélange soit aisé aussi bien par pelletage que par voie mécanique.

## IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Montrer des échantillons de divers engrais composés, en reprenant en résumé, les caractéristiques de ces engrais.

2. Exposer plusieurs échantillons de différents engrais simples et engrais composés, et les faire identifier par les élèves.
3. Donner aux élèves des exercices à faire comme les suivantes :
  - a. Expliquer la formule 6 - 20 - 10. Quelles quantités d'éléments fertilisants sont apportées pour un épandage de 150 kg/ha de cet engrais ?

Réponse :

- La formule 6 - 20 - 10 indique que pour 100 kg de cet engrais il y a :

10 kg de  $K_2O$

---

36 kg de matière active (M.A.)

- Un épandage de 150 kg de cet engrais apporte au sol :

$$\frac{6 \times 150}{100} = 9 \text{ kg d'azote}$$

$$\frac{20 \times 150}{100} = 30 \text{ kg de } P_2O_5$$

$$\frac{10 \times 150}{100} = 15 \text{ kg de } K_2O$$

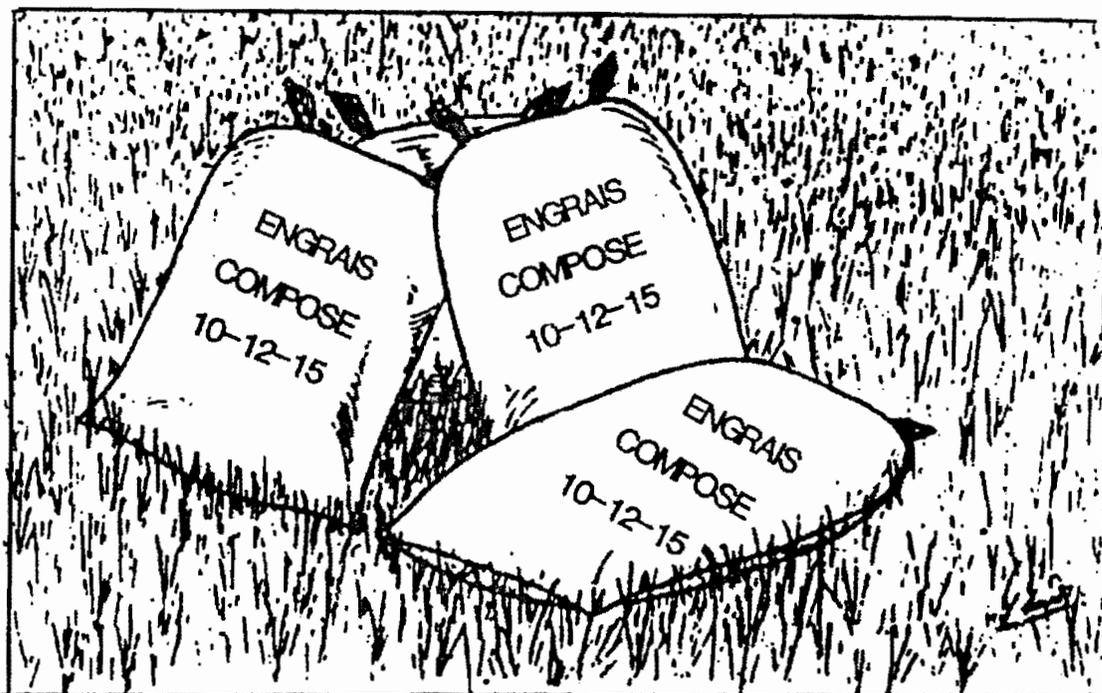
- b. Suppose qu'il faille appliquer 80 kg à l'hectare de chacun des éléments nutritifs principaux (N,  $P_2O_5$  et  $K_2O$ ) et que l'on dispose d'un engrais à 15 - 15 - 15, combien faudra-t-il d'engrais par hectare?

Réponse :  $\frac{80 \times 100}{100} = 533 \text{ kg/ha.}$

V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. B.I.T. - Cours de Fertilisation des Sols. Institut d'Economie Rurale. Bamako, 1972.
2. F.A.O. - Les Engrais et leurs Applications. F.A.O. Rome, 1980.
3. Gros, André - Engrais - Guide pratique de la fertilisation. La Maison Rustique, Paris, 1979.
4. Soltner, Dominique - Les Bases de la Production Végétale, Tome 1 - Le Sol. Collection Sciences et Techniques Agricoles. Sainte-Gemme-sur-Loire, 1982.

## COMPOSITION DES ENGRAIS COMPOSES



**100 kg D'ENGRAIS COMPOSE 10 - 12 - 15  
CONTIENNENT :**

**10 kg D'AZOTE ( N )**

**12 kg D'ACIDE PHOSPHORIQUE ( P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> )**

**15 kg DE POTASSE ( K<sub>2</sub>O )**

---

**37 kg DE MATIERE ACTIVE ( M.A. )**

# COMPATIBILITE DES ENGRAIS

	Sulfate d'ammoniaque	Cianamide de chaux	Nitrate de soude	Nitrate de chaux	Ammonitrates	Superphosphates	Scories	Phosphate bicalcique	Phosphates naturels	Engrais potassiques	Engrais organiques	Chaux
Sulfate d'ammoniaque		■		■	▨		■		■			■
Cianamide de chaux	■			▨	■	■					■	
Nitrate de soude				▨	▨	▨						▨
Nitrate de chaux	■	▨	▨		■	■	▨	▨	▨	▨	■	▨
Ammonitrates	▨	■	▨	■			■		■	▨		■
Superphosphates		■	▨	■			■	■	■			■
Scories	■			▨	■	■					■	
Phosphate bicalcique				▨		■						▨
Phosphates naturels	■			▨	■	■					■	
Engrais potassiques				▨	▨							▨
Engrais organiques		■		■			■	■	■			■
Chaux	■		▨	▨	■			▨		▨	■	



Possible



Mélange au moment de l'emploi seulement



Impossible

ELEMENTS SECONDAIRES ET OLIGO-ELEMENTS

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

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

- de décrire comment on peut reconnaître qu'un sol a besoin d'éléments secondaires ou d'oligo-éléments ;
- de proposer comment on peut apporter aux plantes des éléments secondaires et des oligo-éléments qui manquent dans le sol.

II. QUESTIONS D'ETUDE

1. Comment peut-on reconnaître qu'un sol a besoin de soufre ? Comment le soufre est-il apporté au sol ?
2. Comment les carences en magnésium se manifestent-elles ? Qu'est-ce qu'on doit faire pour les corriger ?
3. Comment la plante manifeste-elle le manque de calcium ? Sous quelles formes le calcium est-il apporté au sol ?
4. Comment peut-on reconnaître les carences en bore, fer, manganèse, cuivre, molybdène et zinc ? Quels traitements peut-on effectuer pour corriger ces carences ?

III. DISCUSSION

1. Comment peut-on reconnaître qu'un sol a besoin de soufre ? Comment le soufre est-il apporté au sol ?

1.1. Comment peut-on reconnaître qu'un sol a besoin de soufre ?

- Des carences en soufre sont assez fréquemment constatées dans les sols ferrugineux tropicaux au début de la mise en culture.
- On reconnaît la carence en soufre par les symptômes suivants :
  - . Les feuilles inférieures ont une couleur vert-jaunâtre ;
  - . Les tiges ont une faible diamètre ; elles sont dures et ligneuses ;
  - . Malgré le fait que les racines soient bien développées et étendues, elles ont une faible diamètre.

1.2. Comment le soufre est-il apporté au sol ?

- Apports sous forme de matières organiques : le fumier contient 0,5 kg à 1 kg de soufre par tonne.
- Apports sous forme d'engrais :
  - . Sulfate d'ammoniaque (24 % de S).
  - . Sulfate de potassium (18 % de S).
  - . Superphosphate de chaux (11 % de S).

2. Comment les carences en magnésium se manifestent-elles ? Qu'est-ce qu'on doit faire pour les corriger?

2.1. Comment les carences en magnésium se manifestent-elles ? Qu'est-ce qu'on doit faire pour les corriger ?

- Des carences en magnésium sont fréquemment observées dans les sols acides ou sableux, surtout sous culture d'arbres fruitiers.
- Symptômes de carence en magnésium :
  - . Les feuilles perdent leur couleur à l'extrémité et entre les nervures, la décoloration commençant sur les feuilles et montant vers le haut, suivant la gravité de la carence ;
  - . Cas de carence grave, le tissu malade peut se dessécher et mourir ;
  - . Les feuilles de la plante sont cassantes et ont tendance à s'incurver vers le haut ;
  - . Sur les arbres, les rameaux sont faibles et sujets à des infections par les champignons, ils perdent généralement leurs feuilles prématurément et souvent meurent à l'année suivante.

2.2. Qu'est-ce qu'on doit faire pour corriger les carences en magnésium ?

- Apports de matières organiques : le fumier contient 0,5 kg à 4,5 kg de MgO par tonne.
- Apports d'engrais contenant du magnésium :
  - . Scories Thomas (2 à 5 % de MgO) ;
  - . Phosphates naturels (0,7 % de MgO) ;
  - . Superphosphates de chaux (0,5 % de MgO) ;

. Sulfate de magnésie (16 % de MgO), souvent en pulvérisation sur les vergers.

3. Comment la plante manifeste-elle le manque de calcium ? Sous quelles formes le calcium est-il apporté au sol ?

3.1. Comment la plante manifeste-elle le manque de calcium ?

- L'extrémité de la plante (bourgeon terminal) meurt en cas de carence grave ;
- Les bords de feuilles atteintes (généralement les plus récentes) ont une apparence dentelée. Le feuillage qui n'est pas atteint aussi gravement est généralement d'une couleur verte sombre anormale ;
- La plante a tendance à perdre prématurément ses fleurs et ses bourgeons ;
- La structure de la tige est affaiblie.

3.2. Sous quelles formes le calcium est-il apporté au sol ?

- Apports sous forme de matières organiques ;
- Apports sous forme d'amendements calcaires ;
- Apports sous forme d'engrais contenant du calcium.

4. Comment peut-on reconnaître les carences en bore, fer, manganèse, cuivre, molybdène et zinc ? Quels traitements peut-on effectuer pour corriger ces carences ?

#### 4.1. Carence en bore

##### a. Symptômes :

- Un changement marqué dans l'extrémité du bourgeon terminal ;
- Une couleur verte claire plus pâle du bourgeon terminal à la base qu'à l'extrémité ;
- La présence de taches sombres sur la partie la plus épaisse de la racine ou du tubercule (maladie du "coeur brun") ;
- Un éclatement du centre de la plante ou sur les fruits.

##### b. Traitement

- Améliorer les conditions du sol en évitant les chaulages excessifs et en maintenant assez d'humidité dans le sol.
- Apporter du bore :
  - . Fumier de ferme et quelques engrais (superphosphates par exemple) contiennent du bore.
  - . Pulvérisation foliaire d'une solution de 1 à 2 kg de borax pour 200 l d'eau, ou apport au sol du borax (18 à 35 kg/ha).

\* Il faut faire attention aux doses de boron, car l'optimum est proche des quantités toxiques.

#### 4.2. Carence en fer

##### a. Symptômes

- Chlorose des feuilles, les plus jeunes

étant les premières atteintes. Les extrémités et les bords des feuilles gardent plus longtemps leur couleur verte. Les nervures restent vertes ;

- Les feuilles malades sont recourbées vers le haut.

#### b. Traitement

- En général, tous les sols contiennent assez de fer pour satisfaire le besoin alimentaire de la plante, mais un pH élevé ou un excès de l'eau peut immobiliser le fer dans le sol. Il faut donc maintenir un bon drainage et éviter les chaulages excessifs.
- L'emploi de sels organiques tel que les chélates de fer, soit dans le sol, soit en solution sur les feuilles, donne les meilleurs résultats.
- On peut aussi corriger la déficience en fer en pulvérisant une solution de 2 kg de sulfate ferreux et 1 kg de chaux pour 200 l d'eau.

### 4.3. Carence en manganèse

#### a. Symptômes

- Chlorure entre les nervures de jeunes feuilles. Même les plus petites ramifications des nervures restent vertes tandis que le tissu entre les nervures est d'une couleur vert-jaune ou presque blanche ;
- La décoloration est souvent suivie par

l'apparition de tâches de tissus nécrosés qui peuvent tomber donnant à leur feuille un aspect déchiqueté.

- Toute la plante risque d'être rabougrie.

b. Traitement

- Eviter les chaulages brutaux et d'élever le pH au-dessus de 6.
- Pulvériser sur la culture à protéger une solution à 0,3 à 1 % de sulfate de manganèse, à la dose de 500 à 700 litres/ha, en faisant deux traitements ; ou apporter 100 à 300 kg de sulfate de manganèse au sol.

4.4. Carence en cuivre

a. Symptômes

- Les feuillages et les autres parties de la plante ont un aspect chlorotique qui lui donne une apparence décolorée.
- Des fruits provenant d'agrumes qui ont manqué de cuivre sont couverts de tâches irrégulières avec des excroissances rouges ou brunes ; le jus a une faible teneur en acide et un goût fade.

b. Traitement

- Carence très rare ; apporté parfois même en excès par les pulvérisations anticryptogamiques.
- Si la carence se manifeste, on peut apporter au sol 1 à 2 kg de sulfate de cuivre ou d'oxyde de cuivre par hectare.

#### 4.5. Carence en molybdène

##### a. Symptômes

- Les plantes sont rabougries et de couleur jaune ressemblant beaucoup aux plantes qui manquent d'azote.

##### b. Traitement

- C'est le seul oligo-élément dont la carence est favorisée par l'acidité du sol et disparaît généralement par un chaulage.
- Une pulvérisation de molybdate d'ammonium (2-5 g par Hl) suffit à effacer la carence.

#### 4.6. Carence en zinc

##### a. Symptômes

- Les feuilles terminales sont anormalement petites ; c'est ce qu'on appelle le rabougrissement des feuilles des arbres fruitiers.
- La formation des bourgeons floraux est fortement réduite.
- Certaines plantes ont des feuilles marbrées de tissu nécrosé ou mort.
- Les rameaux commencent parfois à dépérir au bout d'un an.

##### b. Traitement

- Eviter les chaulages brutaux.
- Les produits anticryptogamiques à base de

carbonate de zinc (zinèbe ou zirame) ont une certaine efficacité comme fournisseurs de zinc.

- Pour corriger la carence, pulvériser une solution de sulfate de zinc sur le feuillage en végétation (1 - 2 % de sulfate de zinc avec 0,5 à 1 % de chaux à la dose de 400 à 500 l/ha).

#### IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Faire identifier par les élèves, les symptômes des carences en éléments secondaires et en oligo-éléments, sur le champ ou en classe en utilisant des photographies ou des diapositives.
2. Montrer des échantillons de substances qui apportent des éléments secondaires et des oligo-éléments.

#### V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. B.I.T. - Cours de Fertilisation des Sols. Institut d'Economie Rurale. Bamako, 1972.
2. F.A.O. - Les Engrais et leurs Applications F.A.O. Rome, 1980.
3. Gros, André - Engrais - Guide pratique de la fertilisation. La Maison Rustique, Paris, 1979.
4. Soltner, Dominique - Les Bases de la Production Végétale, Tome 1 - Le Sol. Collection Sciences et Techniques Agricoles. Sainte-Gemme-sur-Loire, 1982.

CONDITIONNEMENT, CONSERVATION ET  
EPANDAGE DES ENGRAIS

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

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

- d'effectuer correctement la réception et le conditionnement des engrais ;
- d'appliquer une bonne façon de conserver des engrais ;
- de décrire et pratiquer des modes d'épandage des engrais ;
- d'établir le plan de fumure d'une exploitation.

II. QUESTIONS D'ETUDE

1. Qu'est-ce qu'on doit faire et préparer lors de la réception des engrais ?
2. Pourquoi l'humidité est-elle le principal ennemi des engrais en cours de stockage ?
3. Qu'est-ce qu'il faut faire pour bien conserver les engrais ?
4. Quels sont les modes d'épandage des engrais ?
5. Quels sont les facteurs dont dépend l'épandage des engrais ?
6. Avant chaque campagne agricole, pourquoi est-il nécessaire d'établir le plan de fumure de l'exploitation ?

Comment le plan de fumure se fait-il ?

### III. DISCUSSION

#### 1. Qu'est-ce qu'on doit faire et préparer lors de la réception des engrais ?

##### 1.1. Réception

- Vérifier le nombre des sacs, le poids par sacs, le marquage des sacs.
- Répartir les engrais suivant leur catégorie, pour éviter des contacts non compatibles et plus tard, des erreurs dans la distribution.

##### 1.2. Conditionnement

- Vérifier les emballages.
- Si des sacs sont éventrés, réparer les dommages ou transvaser.
- Les emballages plastiques sont de loin les plus hermatiques.

#### 2. Pourquoi l'humidité est-elle le principal ennemi des engrais en cours de stockage ?

- La plupart des engrais sont hygroscopiques.
- Ces engrais absorbent l'humidité de l'air ; ensuite ils se liquéfient, puis lorsque l'air s'assèche à nouveau, ils se durcissent en masse compacte ; outre certaines réactions chimique qui altèrent leur valeur, le durcissement en blocs nuit à leur distribution homogène.

3. Qu'est-ce qu'il faut faire pour bien conserver les engrais ?

- Entreposer les engrais dans des locaux aérés et bien secs.
- Déposer les sacs sur un plancher, ou à défaut un lit de bûches et de paille pour empêcher tout contact avec le sol et permettre une aération de la masse.
- Laisser un interstice entre les piles de sacs et les murs.
- Recouvrir les tas de sacs vides ou de paille pour éviter les condensations d'humidité dues au refroidissement nocturne de la température.
- Utiliser les engrais en liquidant d'abord les vieux stocks et les sacs détériorés.

4. Quels sont les modes d'épandage des engrais ?

4.1. Epandage en couverture

- L'engrais est réparti à la surface du sol, avant le semis ou en cours de végétation ; les éléments solubles se déplacent vers les racines.
- La pénétration dans la zone où s'alimentent les racines se fait soit par l'eau d'irrigation, soit par les pluies.
- Ce mode d'épandage est largement utilisé avec les engrais solubles (azote) pour la fumure des vergers et des plantes de grandes cultures comme les céréales.

4.2. Enfouissement sur toute la surface

- L'engrais est épandu en surface et incorporé au

sol par une façon culturale (labour au pseudo-labour).

- Ce mode d'épandage est souvent effectué avec des engrais peu solubles (phosphates, potasse) et sur les plantes à enracinement profond.

#### 4.3. Localisation en profondeur

- L'engrais n'est apporté qu'en des points particuliers au voisinage des racines ou autour de la semence, du plant ou en interlignes.
- On utilise des engrais peu solubles à doses faibles d'où l'économie d'engrais.
- Ce mode est utilisé pour subvenir à des besoins spéciaux.
- Au semis, la localisation sur maïs favorise le démarrage de la plante (on parle de fumure "starter") ; on apporte une petite quantité d'éléments fertilisants de chaque côté et au-dessous de la semence.

#### 5. Quels sont les facteurs dont dépend l'épandage des engrais ?

L'épandage de l'engrais dépendra

##### a. du système racinaire des plantes :

- enracinement superficiel : épandage en surface ;
- enracinement profond : enfouissement par labour.

##### b. de la solubilité de l'engrais :

- les engrais très solubles (azotés et sulfatés)

sont rapidement véhiculés et absorbés ; ils sont légèrement enfouis au moment des besoins de la plante ;

- les engrais peu solubles (phosphates) doivent être enfouis longtemps à l'avance sauf pour les prairies où l'on épand superficiellement.

6. Avant chaque campagne agricole, pourquoi est-il nécessaire d'établir le plan de fumure de l'exploitation ? Comment le plan de fumure se fait-il ?

6.1. Pourquoi établir le plan de fumure ?

Le plan est nécessaire pour la fertilisation rationnelle en permettant :

- à court terme, de prévoir la quantité d'engrais nécessaires aux différentes époques de l'année et de réaliser l'approvisionnement au meilleur moment ;
- à long terme, de retrouver la fumure apportée à une parcelle donnée les années précédentes en consultant les plans de fumure des années correspondantes. En comparant aux rendements réels, les plans de fumure permettent d'établir des bilans de fertilisation qui orientent la fumure des années suivantes.

6.2. Comment établir le plan de fumure ?

- Le plan de fumure précise pour chaque parcelle et pour chaque culture les points suivants :
  - . dose d'éléments fertilisants à apporter ;
  - . engrais choisis ;

. moment et conditions d'apports.

- Ces renseignements peuvent être groupés dans un tableau (Annexe 11.2).

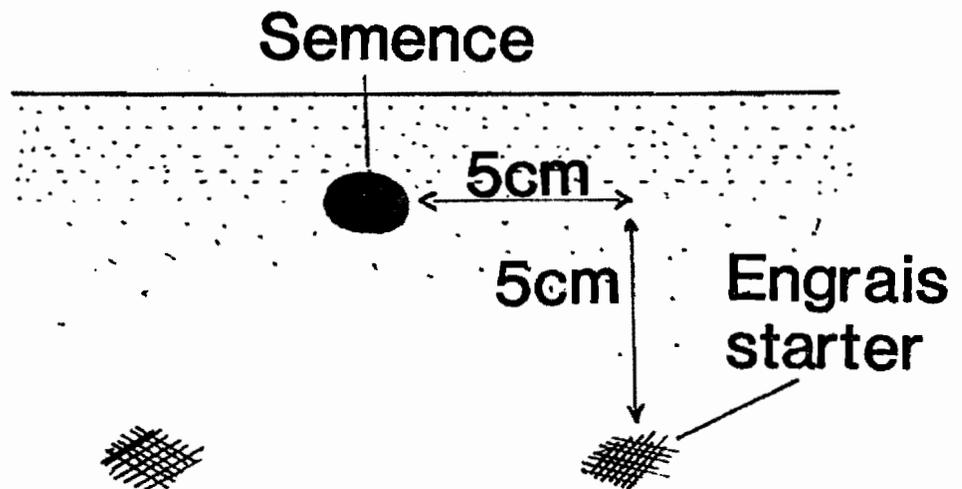
#### IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Emmener les élèves au magasin du centre où l'on stocke des engrais. Faire noter l'emballage et le marquage des sacs d'engrais. Observer et discuter l'état des engrais stockés et les conditions du magasin (humidité, par exemple).
2. Démontrer l'effet de l'humidité de l'air sur des différents engrais en exposant à l'air les échantillons de divers engrais.
3. Faire pratiquer l'épandage des engrais sur le champ de l'établissement.

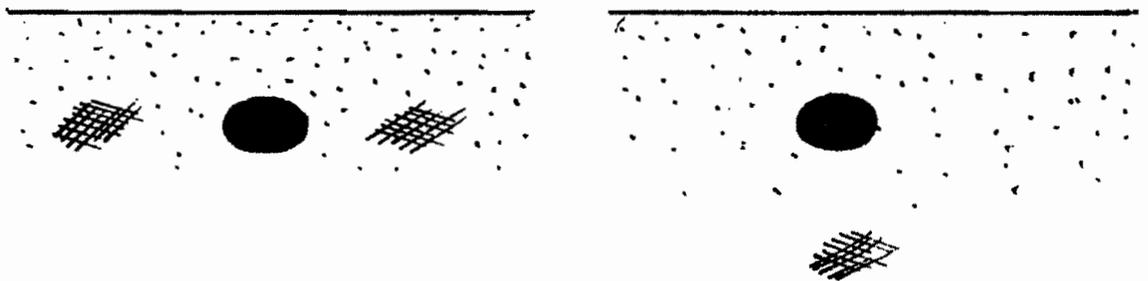
#### V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. B.I.T. - Cours de Fertilisation des Sols. Institut d'Economie Rurale. Bamako, 1972.
2. F.A.O. - Les Engrais et leurs Applications. F.A.O. Rome, 1980.
3. Gros, André - Engrais - Guide pratique de la fertilisation. La Maison Rustique, Paris, 1979.
4. Soltner, Dominique - Les Bases de la Production Végétale, Tome 1 - Le Sol. Collection Sciences et Techniques Agricoles. Sainte-Gemme-sur-Loire, 1982.

## LOCALISATION AU SEMIS



### BONNE LOCALISATION



### LOCALISATIONS A EVITER

## EXEMPLE D'UN PLAN DE FUMURE

Cultures	Parcelles	Surface	Fumure / ha			Total par parcelle			ENGRAIS	
			N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O	Type	Moment d'apport
Coton	A	2 ha	14	24	14	28	48	28	composé 7-12-7	- au moment du démariage
			23			46			Urée 46%	- 30-45 jours après la levée

# PLAN DE FUMURE

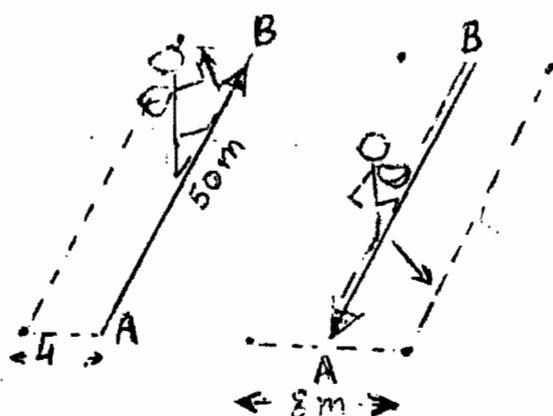
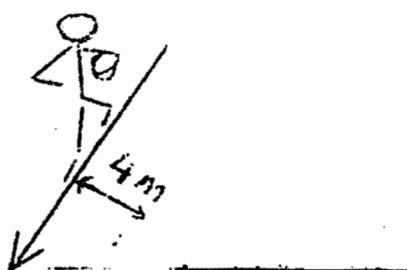
Cultures	Parcelles	Surface	Fumure / ha			Total par parcelle			ENGRAIS	
			N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O	Type	Moment d'apport

## ANNEXE A 11.1

NOTE SUR L'EPANDAGE  
DE L'ENGRAIS SUPERPHOSPHATE SIMPLE A 21 %  
 (D'APRES OPERATION ARACHIDE)

1- BUT : Arrivée à régulariser l'épandage pour obtenir une répartition homogène de la fumure.

2- PRINCIPE :



Epandre l'engrais régulièrement sur la surface correspondante permettant ainsi une correction constante du travail effectué.

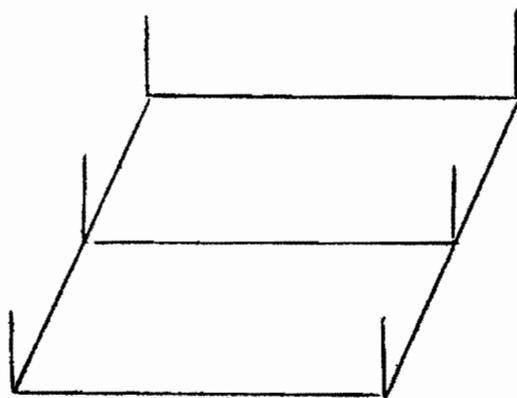
Si on considère que le jet d'épandage couvre une largeur de 4 m, et que la longueur du parcours permettant un épandage correct est de 50 m.

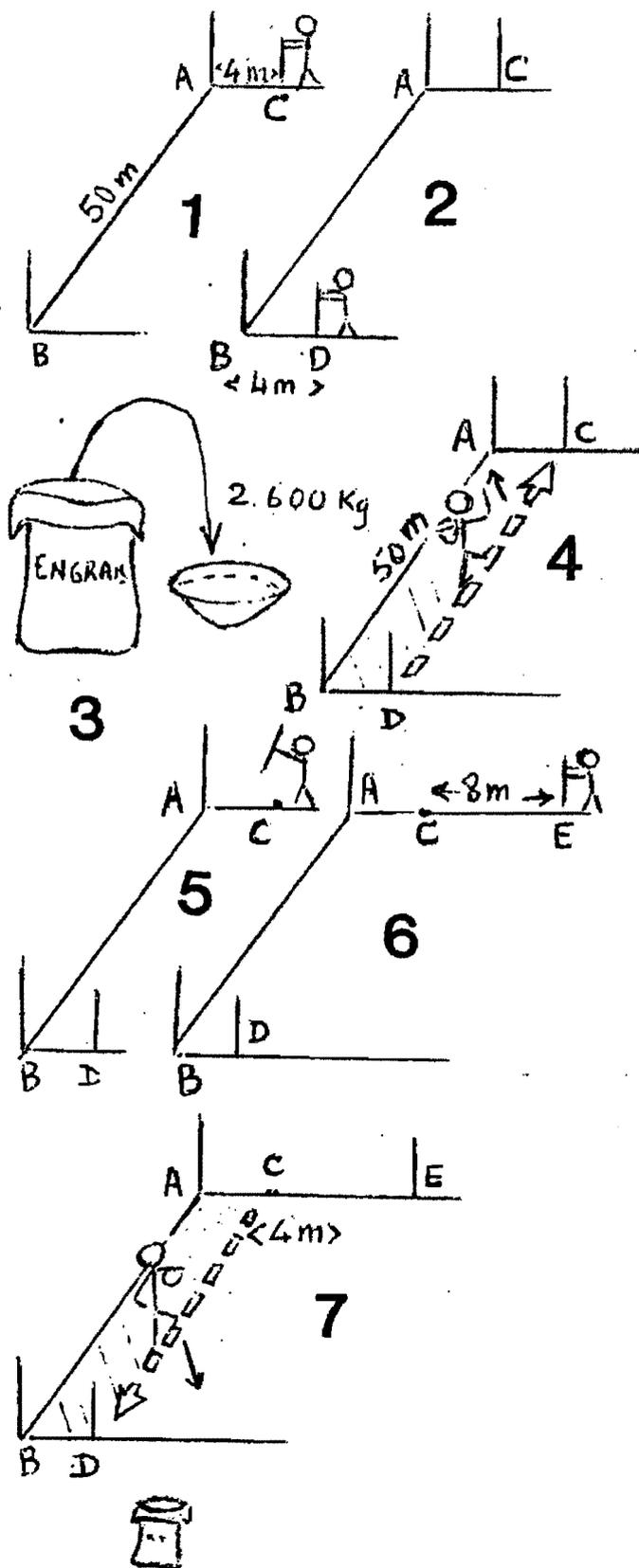
La quantité nécessaire pour cette surface (4 m x 50 m) serait de 1,300 kg. Or, cette quantité est juste suffisante pour aller de A à B. Pour éviter les déplacements inutiles, il faut prévoir une quantité d'engrais suffisante pour un aller-retour, soit !2,500 kg! ce qui correspond à l'engraissement d'une surface de !8 m x 50 m!.

3- MATERIEL :

Prévoir

- 6 gros piquets pour délimiter l'hectare et les 2 demi-hectares.
- 2 piquets de 2 mètres servant à la fois d'étalon de mesure et de mire.
- 1 calebasse étalonnée pour 2,600 kg d'engrais superphosphate simple à 21 %.



4- APPLICATION DE LA METHODE :

1- Mettre un piquet (de 2 m) en C à 4 m du piquet A (se servir du piquet de 2 m comme étalon de mesure).

2- Mettre un autre piquet de 2 m en D, à 4 m du piquet B.

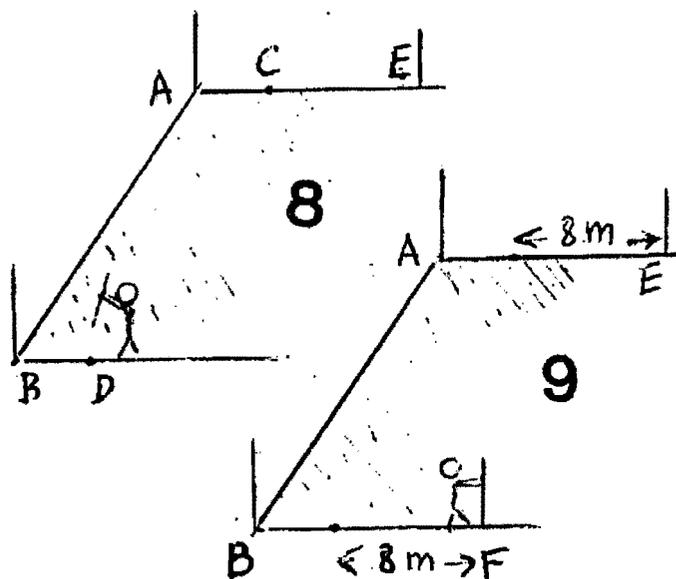
3- Prendre l'engrais, remplir la calebasse jusqu'au trait (= 2,600 kg).

4- Partir de D vers C (en prenant comme point de repère le piquet C).  
Épandre la moitié du contenu de la calebasse par des jets sur la gauche couvrant une largeur de 4 m.

5-6 Enlever le piquet en C et le mettre en E à 8 m de C.

7- Aller de C vers D (en visant le piquet D) épandant le reste de la calebasse.

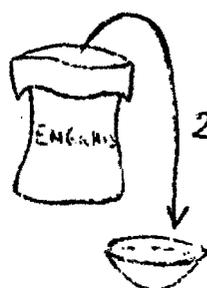
NOTA : Si arrivé en D les 2,600 kg contenus dans la calebasse ont été utilisés, et que les jets ont bien couvert une largeur de 4 mètres, l'épandage est correct.



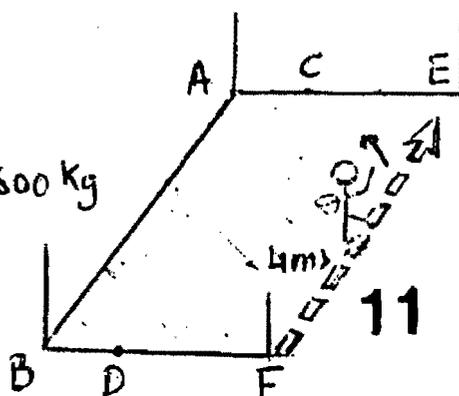
Si en D, les 2,600 kg se sont révélés insuffisants, il faut sur le prochain parcours réduire le nombre de jets d'engrais (c'est-à-dire diminuer la quantité d'engrais).

Si en D, les 2,600 kg sont en excédent, il faut augmenter le nombre de jets d'engrais (c'est-à-dire augmenter la quantité d'engrais).

Ces corrections permettent d'obtenir un épandage homogène.



10

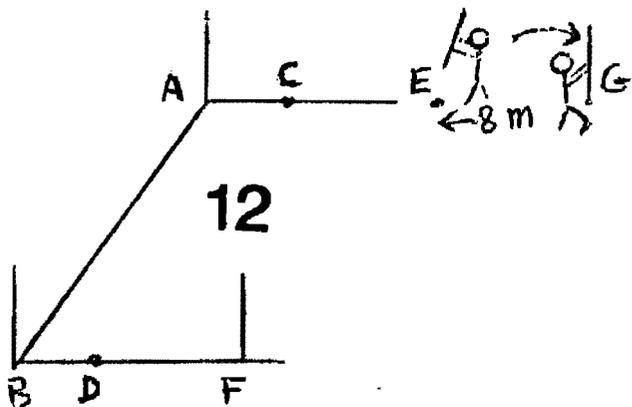


11

8-9 Enlever le piquet en D et le mettre en F à 8 m de D.

10- Prendre l'engrais (2,6 kg)

11- Aller de F vers E (viser le piquet E) en épandant la 1/2 du contenu de la calebasse (1,3 kg).

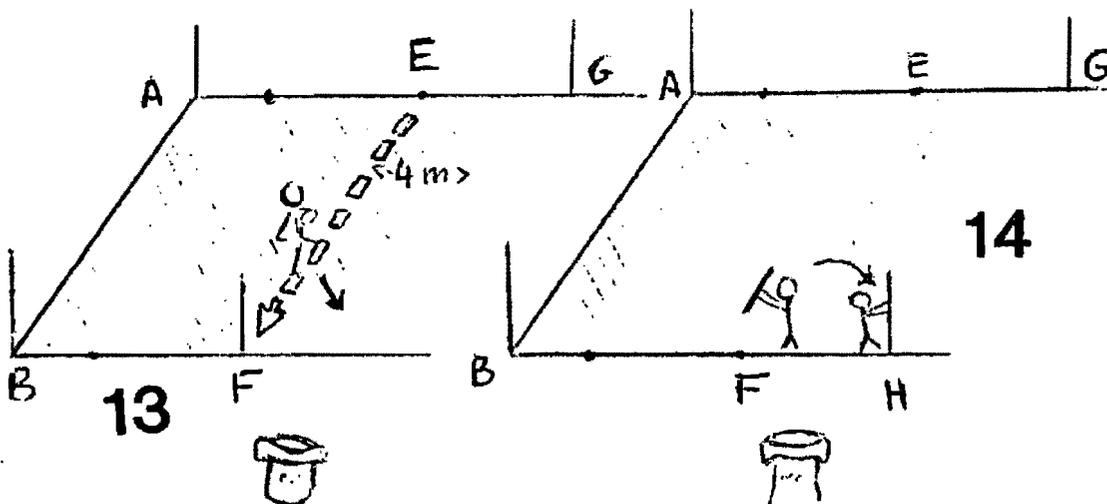


12

12- Enlever le piquet en E et le mettre en G à 8 m de E.

13- Epandre sur E - F le reste de l'engrais.

14- Enlever le piquet F et le mettre en H à 8 m de F etc...

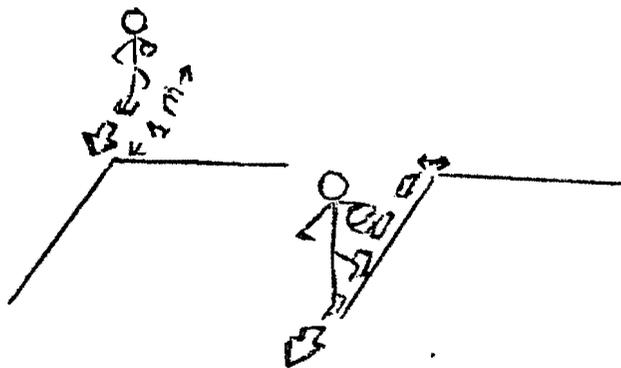


13

14

REMARQUES :

- Démarrer à un mètre (ou un pas) en arrière de la ligne de base pour ne pas laisser de blanc (c'est-à-dire une surface non fumée) en début de ligne.
- De même, épandre en marchant légèrement décaler sur la droite de la ligne d'épandage pour ne pas laisser un passage non traité le long du parcours.



## UNITE 12

### LOIS GENERALES DE FERTILISATION

#### I. OBJECTIFS DE L'UNITE

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

- d'énoncer et d'expliquer les lois générales de fertilisation :
  - . loi de restitution ;
  - . loi des avances ;
  - . loi du minimum ;
  - . loi des rendements décroissants ;
- de tirer des applications pratiques des lois générales.

#### II. QUESTIONS D'ETUDE

1. Qu'est-ce qu'on entend par la loi de restitution ?
2. La restitution ne suffit pas, il faut faire des "avances" pour la plante. Comment peut-on énoncer et expliquer la loi des avances ?
3. Qu'est-ce qu'on entend par la loi du minimum (ou la loi des facteurs limitants) ?
4. Comment la loi des rendements décroissants s'exprime-t-elle ? Quelle conclusion peut s'en tirer ?
5. Quelles sont les applications pratiques qu'on peut tirer des lois générales de fertilisation ?

### III. DISCUSSION

#### 1. Qu'est-ce qu'on entend par la loi de restitution ?

##### 1.1. Comment la loi de restitution peut-elle s'énoncer ?

- Il est indispensable de restituer au sol les éléments nutritifs enlevés par les récoltes pour éviter son épuisement.
- La fertilisation doit donc restituer au sol :
  - . la matière organique visant à maintenir le taux minimum d'humus dans le sol nécessaire à sa stabilité.
  - . les éléments minéraux prélevés par les récoltes.

##### 1.2. Est-ce qu'on peut maintenir l'état de fertilité d'un sol en lui ajoutant seulement les éléments enlevés par les récoltes ?

- La restitution au sol des éléments fertilisants exportés par les récoltes est nécessaire, mais non suffisante compte tenu :
  - . des pertes par lessivage ;
  - . de la fixation par le sol du phosphore et du potassium, etc... ;
  - . de l'utilisation différée des apports d'éléments fertilisants par les engrais ;
  - . de la dynamique de l'absorption par les plantes en fonction de leur métabolisme.

2. La restitution ne suffit pas, il faut faire des "avances" pour la plante. Comment peut-on énoncer et expliquer la loi des avances ?

2.1. Comment exprime-t-on la loi des avances ?

- Des avances d'éléments fertilisants sont nécessaires pour couvrir en temps voulu les besoins de la culture.

2.2. Pourquoi faut-il faire des avances ?

- Pour avoir de bons rendements, il faut non seulement restituer au sol les éléments enlevés ou perdus mais de plus, lui constituer des réserves, afin que la plante ait toujours à sa disposition un garde-manger bien rempli pour produire davantage, si les autres conditions sont propices.

3. Qu'est-ce qu'on entend par la loi du minimum (ou la loi des facteurs limitants) ?

3.1. Comment la loi du minimum peut-elle être exprimée ?

- L'importance du rendement d'une récolte est déterminée par l'élément qui se trouve en plus faible quantité relativement aux besoins d'une récolte.

- On peut illustrer cette loi par le baquet, ayant des douves de différentes longueurs. Jamais le niveau de l'eau (fertilité) ne pourra s'élever plus haut que la douve la plus courte. Ainsi, la quantité d'eau de cette cuve est

limitée par la plus courte douve ; de même dans le sol, les rendements sont limités par l'élément qui est en plus petite quantité.

3.2. Selon la loi minimum, quelles relations doit-il exister parmi les éléments nutritifs pour que chaque élément produise le maximum de son efficacité ?

- Pour qu'un élément nutritif produise le maximum de son efficacité, il faut que les autres éléments soient en quantité suffisante ; en d'autres termes il faut qu'il y ait équilibre de nutrition.
- L'insuffisance d'un élément assimilable dans le sol réduit l'efficacité des autres éléments, et par suite diminue le rendement des récoltes.
- Si par exemple, l'azote ne permet d'obtenir qu'une tonne de mil à l'hectare, l'apport de phosphate et de potasse pouvant produire 4t/ha sera inutile. On dit dans ce cas l'azote est le facteur limitant.

4. Comment la loi des rendements décroissants s'exprime-t-elle ? Quelle conclusion peut s'en tirer ?

4.1. Comment la loi des rendements décroissants s'exprime-t-elle ?

Cette loi, appelée aussi la loi des excédents de rendement moins que proportionnels, peut s'exprimer comme suit :

- Quant on apporte au sol des doses croissantes d'un élément nutritif, les augmentations des

rendements obtenues sont de plus en plus faibles au fur et à mesure que les quantités' apportées s'élèvent.

4.2. Quelles conclusions peuvent être tirées de la loi des rendements décroissants ?

- On ne peut augmenter indéfiniment les rendements en augmentant les doses d'engrais.
- Il arrive un moment où une dose supplémentaire d'engrais ne procure aucune augmentation de rendement : le rendement maximum théorique est atteint. Mais auparavant, on atteint un niveau de rendement où les suppléments de récolte obtenus couvrent juste la dépense d'engrais : la limite économique est atteinte.

5. Quelles sont les applications pratiques qu'on peut tirer des lois générales de fertilisation ?

Dans la pratique, on traduit ces lois par les règles suivantes :

- Apporter d'abord ce qui manque le plus ;
- Apporter ensuite les doses équilibrées ;
- Remonter à un niveau optimal le niveau de fertilité (fumure de fond) ;
- Restituer, pour conserver ce niveau, les quantités perdues chaque année (récolte, lessivages, érosion, etc...).

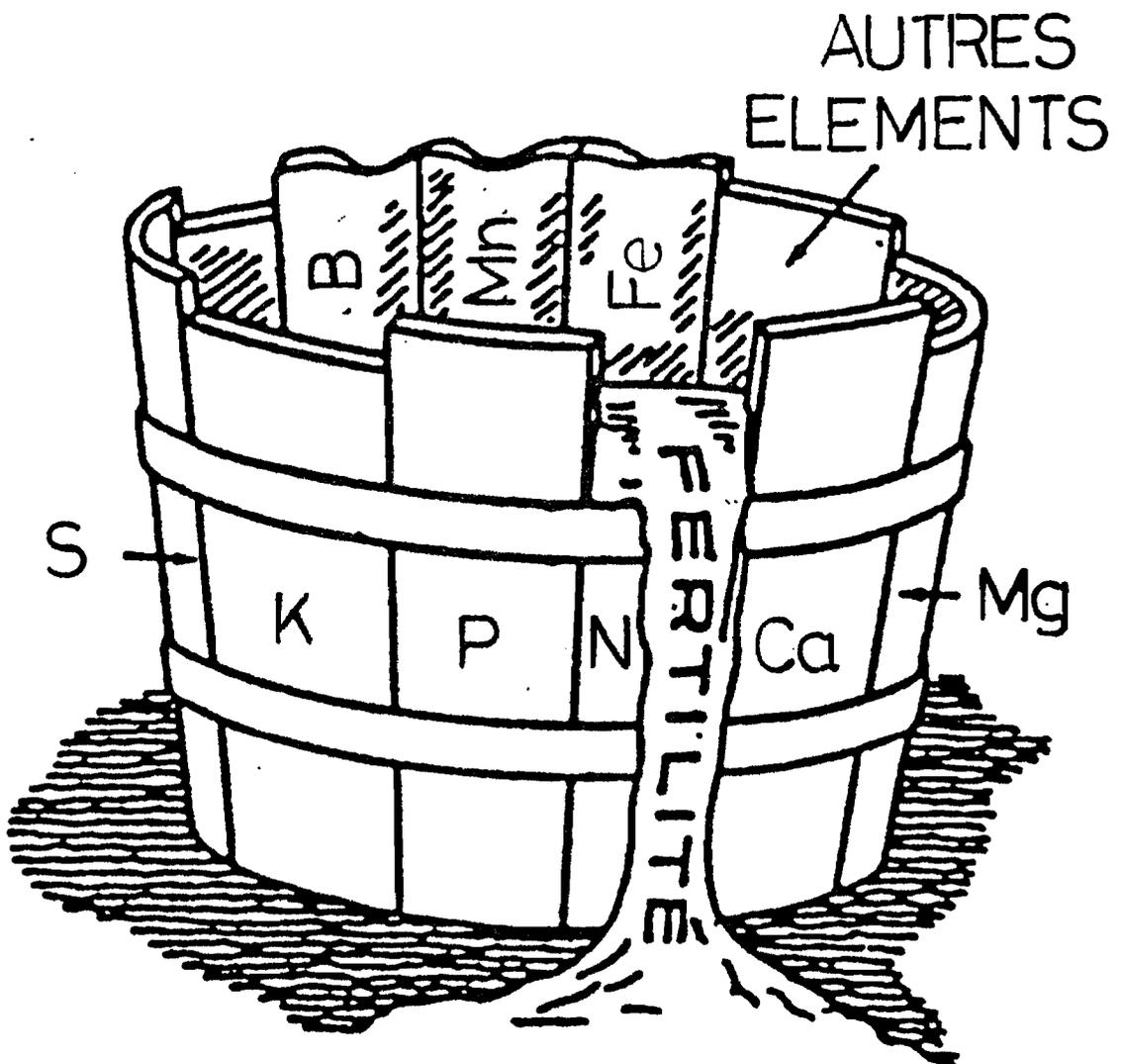
IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Il faut utiliser des schémas et des exemples pour aider les élèves à comprendre les lois générales de fertilisation.

#### V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

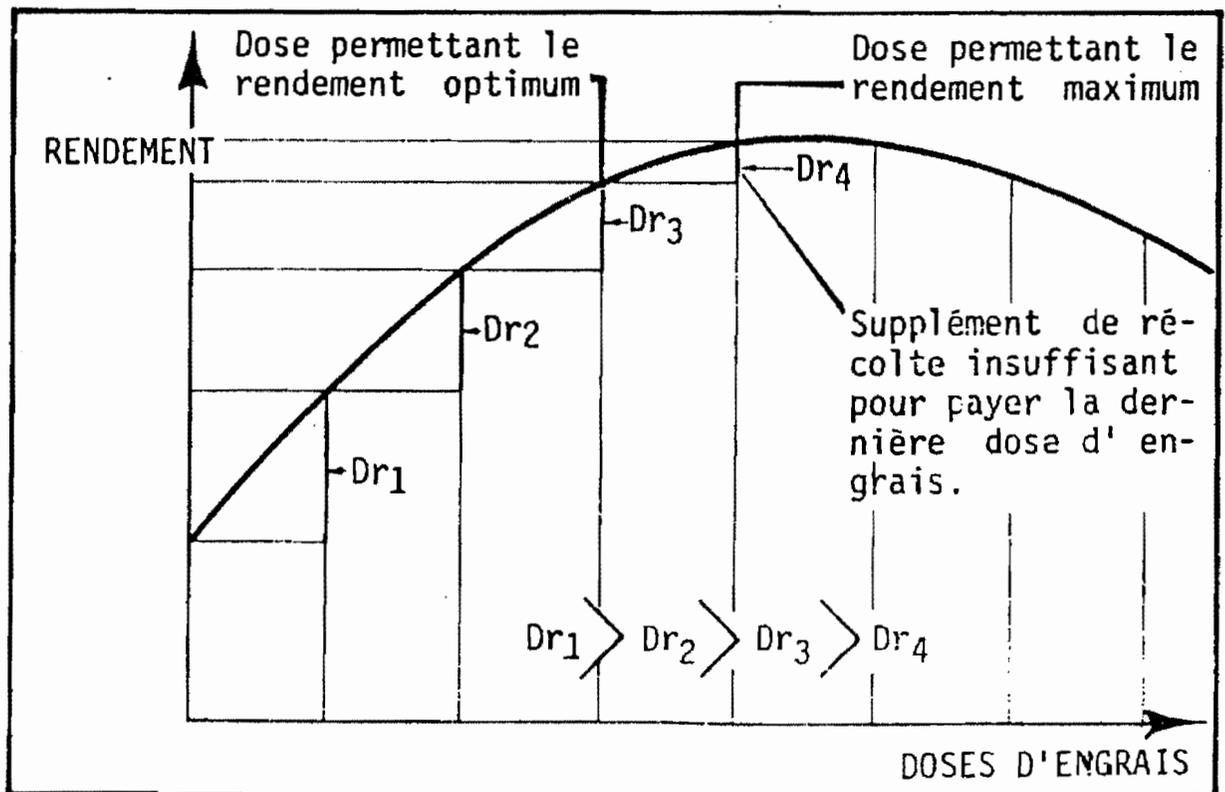
1. B.I.T. - Cours de Fertilisation des Sols. Institut d'Economie Rurale. Bamako, 1972.
2. F.A.O. - Les Engrais et leurs Applications. F.A.O. Rome, 1980.
3. Gros, André - Engrais - Guide pratique de la fertilisation. La Maison Rustique, Paris, 1979.
4. Soltner, Dominique - Les Bases de la Production Végétale, Tome 1 - Le Sol. Collection Sciences et Techniques Agricoles. Sainte-Gemme-sur-Loire, 1982.

# LA LOI DU MINIMUM



La quantité d'eau de cette cuve est limitée par la plus courte douve; de même dans un sol les rendements sont limités par l'élément qui est en plus petite quantité.

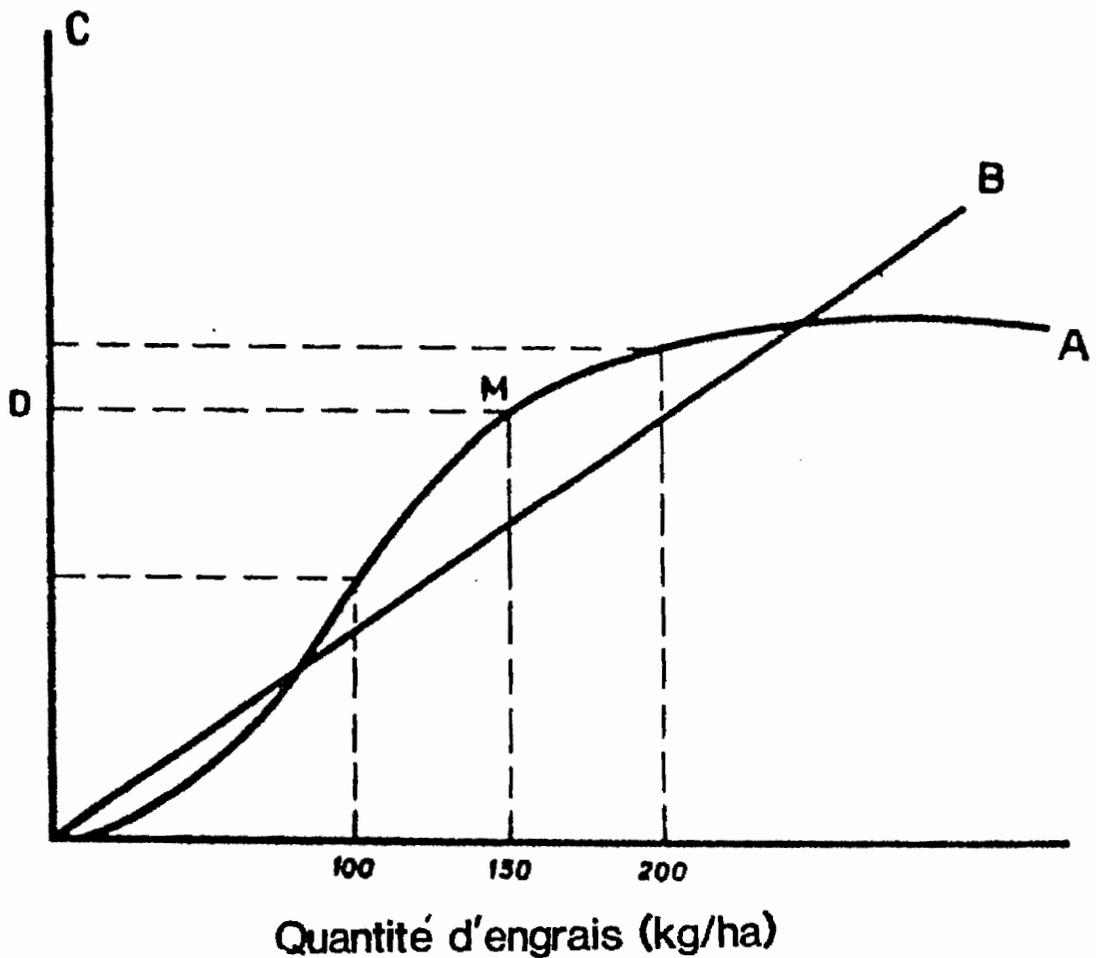
# LA LOI DES RENDEMENTS DECROISSANTS



$Dr$  = l'augmentation de rendement.

Chaque fois que l'on augmente d'une dose l'apport d'un élément, l'augmentation de rendement  $Dr$  diminue.

# REACTION DES CULTURES AUX ENGRAIS, COUT DES ENGRAIS, ET BENEFICES NETS MAXIMUMS



A: Courbe de réaction

B: Coût des engrais

C: Rendement des récoltes  
(en valeur monétaire)

D: Point de rendement  
économique maximum

M: Point d'égalité des taux

## UNITE 13

### FACTEURS DE RENDEMENTS DES CULTURES ET RENTABILITE DES ENGRAIS

#### I. OBJECTIFS DE L'UNITE

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

- de décrire l'influence des facteurs fonciers et techniques sur le rendement des cultures ;
- d'expliquer comment on peut déterminer en pratique, les doses d'engrais pour obtenir le rendement optimal des cultures ;
- de calculer le rendement d'un champ ;
- de calculer la rentabilité des engrais apportés à un champ.

#### II. QUESTIONS D'ETUDE

1. Quels sont les facteurs qui influencent le rendement d'une culture ? Comment ces facteurs exercent-ils leur influence ?
2. Par quelles méthodes peut-on déterminer les besoins d'engrais ?
3. Comment calcule-t-on le rendement d'un champ ?
4. Comment évalue-t-on la rentabilité de l'emploi des engrais ?

### III. DISCUSSION

#### 1. Quels sont les facteurs qui influencent le rendement des cultures ?

Le rendement, critère de la fertilité d'un sol est la conjugaison des facteurs fonciers et des facteurs techniques.

1.1. Facteurs fonciers : ceux que la nature impose à l'agriculteur, ou que celui-ci ne pourrait améliorer que lentement ou à grands frais.

##### a. Le climat

- Le climat, par sa pluviosité en quantité et en répartition, ses variations de température, sa luminosité, ses vents... rend possible certaines cultures, en interdit d'autres, et influe sur leur rendement.

##### b. Le sol :

- Le sol, par sa profondeur, la disposition de ses horizons, caractéristiques que ne peut modifier facilement l'agriculteur, est plus ou moins naturellement apte à telle ou telle culture.

- D'autres caractéristiques du sol font la fertilité foncière d'un sol, bien qu'il soit possible de les modifier plus aisément par les techniques de culture : la teneur en minéraux originels, la teneur en humus, etc...

1.2. Facteurs techniques : ceux que l'agriculteur peut modifier facilement et rapidement par la technique agricole.

- a. Les techniques de régulation de l'humidité et d'aération du sol (telles que drainage, irrigation, travail du sol...);
- b. Les amendements destinés à améliorer son pH, à y maintenir une activité bio-chimique, favorable à la nutrition des plantes ;
- c. Les engrais, organiques ou minéraux destinés à fournir aux plantes, substances nutritives qui leur conviennent ;
- d. La sélection d'espèces et de variétés mieux adaptées au milieu climat-sol ;
- e. Les techniques de culture : rotations et assolements, techniques de semis ou plantation, de développement de la résistance naturelle des plantes et de la lutte éventuelle contre le parasitisme...

## 2. Par quelles méthodes peut-on déterminer les besoins d'engrais ?

### 2.1. Observation des signes (symptômes) de carence présentés par les cultures sur pieds.

- Si un élément nutritif n'est pas fourni aux plantes en quantité suffisante, cela se traduit généralement par l'apparition de symptômes intéressant l'aspect général ainsi que la coloration.
- Certains signes de carence sont faciles à identifier, d'autres plus difficiles, car les symptômes caractéristiques d'un élément peuvent cacher ceux d'un autre.

- Les symptômes peuvent apparaître ou disparaître suivant les conditions atmosphériques. Des sols secs freinent la libération et l'absorption des éléments nutritifs.
- Il faut donc prendre les mesures appropriées pour vérifier les observations des symptômes par des essais au champ, des analyses des tissus végétaux et/ou du sol.

## 2.2. L'analyse du sol

- L'analyse du sol a pour objet d'indiquer les éléments nutritifs auxquels répondront les cultures et les doses d'engrais à appliquer.
- Une analyse de bonne qualité consiste à extraire par voie chimique et mesurer la quantité des éléments nutritifs accessibles aux plantes dans un petit échantillon de sol prélevé sur une profondeur correspondant à celle de la couche arable (profondeur de labour).
- Les conseils de fumure sont basés sur ces analyses et sur des renseignements relatifs aux cultures et aux fumures antérieures.
- L'analyse du sol ne peut être considérée comme pouvant remplacer les essais d'engrais au champ, car les méthodes chimiques ne sauraient reproduire les besoins des plantes vivantes.

## 2.3. L'analyse des tissus végétaux

- L'extrait de tissus de la plante est analysé pour déterminer la teneur en éléments nutritifs. Si la teneur en un élément est inférieure au minimum nécessaire, il est probable que

l'application d'un engrais qui contient cet élément augmentera les rendements.

- L'analyse des tissus végétaux permet de vérifier les signes de carence. En outre, elle aide à détecter des déficiences cachées qui sont indiquées non pas par des symptômes de carence mais par des concentrations en éléments nutritifs trop faibles pour l'obtention de rendements optimaux.
- Les résultats de l'analyse des tissus végétaux sont sensibles à d'autres facteurs et cette méthode ne saurait se substituer à l'analyse du sol aux essais au champ, mais devrait faciliter l'application des résultats de l'analyse du sol de l'expérimentation au champ.

#### 2.4. Essais d'engrais sur le terrain

- Les engrais sont appliqués à des doses connues d'éléments nutritifs, les réponses des cultures observées et les rendements mesurés.
- Avantages des essais au champ :
  - . Ils constituent le meilleur moyen de déterminer les exigences des cultures et des sols en éléments nutritifs, et d'élaborer des conseils de fumure pour les agriculteurs.
  - . Les essais et démonstrations simples montrent aux agriculteurs l'intérêt des engrais.
  - . L'évaluation économique des résultats rend plus aisée la compréhension des besoins en engrais.

- . La plante qui pousse peut être photographiée. Les photos peuvent servir à la vulgarisation pendant plusieurs années.

#### 4. Comment calcule-t-on le rendement d'un champ ?

##### 4.1. Principes de base

- On évalue le rendement d'un champ par sondage.
- Les échantillons doivent être choisis par hasard.
- Pour diminuer les erreurs d'échantillonnage il faut augmenter le nombre d'échantillons. En général, 10 prélèvements à l'hectare suffisent.
- Une surface unitaire de  $10 \text{ m}^2$  par échantillon est généralement satisfaisante. En ce qui concerne le coton et l'arachide, cette superficie peut être portée respectivement à  $15 - 20 \text{ m}^2$  et  $6 \text{ m}^2$ .

##### 4.2. Calcul du rendement d'un champ semé à la volée (en désordre).

- On utilise un cadre constitué par deux barres rigides d'environ  $2\text{m},60$  sur lesquelles sont marqués deux repères distants de  $2\text{m},50$ . A ces repères sont fixées deux cordes non extensibles de  $4 \text{ m}$  de long de manière qu'une fois le cadre déployé on obtient un rectangle de  $2\text{m},50$  de large sur  $4 \text{ m}$  de long (délimité par les deux barres et les deux cordes) ce qui donne une surface de  $10 \text{ m}^2$ .
- On dispose le cadre dans diverses parties du

champ selon un système bien défini, puis on récolte chaque échantillon se trouvant à l'intérieur du cadre. Si une plante se trouve à cheval sur les cordons ou les barres rigides, seule la partie intérieure sera récoltée.

- Il faut prendre soin de séparer les différents échantillons qui sont séchés et pesés séparément.
- Soit n le nombre d'échantillon, et K le poids total de ces échantillons. Le rendement à l'hectare est calculé par la formule suivante:

$$\text{Rendement/ha} = \frac{K \times 10.000 \text{ m}^2}{n \times 10 \text{ m}^2} = \frac{K \times 1.000}{n}$$

Exemple : Si le poids total (K) de 10 échantillons prélevés d'un champ de sorgho est 15 kg, le rendement à l'hectare sera :

$$\text{Rendement/ha} = \frac{15 \times 1.000}{10} = 1.500 \text{ kg}$$

#### 4.3. Calcul du rendement d'un champ semé en ligne

- On mesure la distance moyenne entre les lignes.
- Normalement on récolte une partie des lignes délimitée de telle façon que la superficie totale moissonnée soit de 10 m<sup>2</sup>. Pour cela, on divise le chiffre 10 par un chiffre représentant le produit entre la distance moyenne entre les lignes et le nombre de lignes sur lesquelles l'échantillon sera prélevé. Par exemple, si

l'espacement moyen est de 0,73 m, la longueur sur laquelle trois lignes seront moissonnées sera de 10 divisé par 3 x 0,73 m, soit 4,56 m.

- Soit K le poids total de n échantillons prélevés, le rendement à l'hectare est calculé par la formule suivante :

$$\text{Rendement/ha} = \frac{K \times 10.000 \text{ m}^2}{n \times 10 \text{ m}^2} = \frac{K \times 1.000}{n}$$

Remarque : On constate qu'en général les évaluations de rendements réalisées par cette méthode sont toujours légèrement supérieures à la récolte réelle. L'écart s'explique par le fait que les échantillons sont mieux récoltés et traités plus minutieusement.

## 5. Comment évalue-t-on la rentabilité de l'emploi des engrais ?

### 5.1. Méthode de revenu net

- On calcule le "supplément net de revenu" ou l'augmentation de revenu en soustrayant le coût de l'engrais utilisé (CE) de la valeur de l'augmentation de production (VAP) due à l'engrais.

$$\text{REVENU NET} = \text{VAP(en FM)} - \text{CE(en FM)}$$

- Un revenu net positif signifie que l'application d'engrais a été rentable.

- Le revenu net donne des indications sur la somme en chiffres absolus, que le cultivateur gagnera en appliquant des engrais, mais il n'en donne aucune sur le rapport entre la somme investie et le profit.

Exemple : Un apport de 75 kg/ha de superphosphate simple sur l'arachide donne un surcroît de rendement, par rapport au témoin, de 477 kg/ha en gousses, dont la valeur est 14.310 FM. Le coût de l'engrais utilisé est 6.160 FM. Le revenu net ou la valeur ajoutée est donc :

$$14.310 - 6.160 = 8.150 \text{ FM.}$$

## 5.2. Méthode de Rapport Valeur/Coût

- Le rapport valeur/coût (RVC) est obtenu en divisant la valeur de l'augmentation de production (VAP) par le coût de l'engrais utilisé (CE).

$$\text{RVC} = \frac{\text{VAP}}{\text{CE}}$$

- Si le RVC dépasse 1,0, l'engrais est rentable ; un RVC de deux indique un bénéfice de 100 pour cent ; à 3, la rentabilité est excellente : chaque franc dépensé en engrais rapporte 3 francs à la récolte. Un agriculteur qui dépense 1.000 FM en engrais récupère 3.000 FM à la récolte.
- Le RVC donne des indications sur la rentabilité des applications d'engrais par rapport à la somme investie.

Exemple : On prend le même exemple ci-dessus. le rapport valeur/coût est donc :

$$RVC = \frac{VAP}{CE} = \frac{14.310}{6.160} = 2,3$$

#### IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

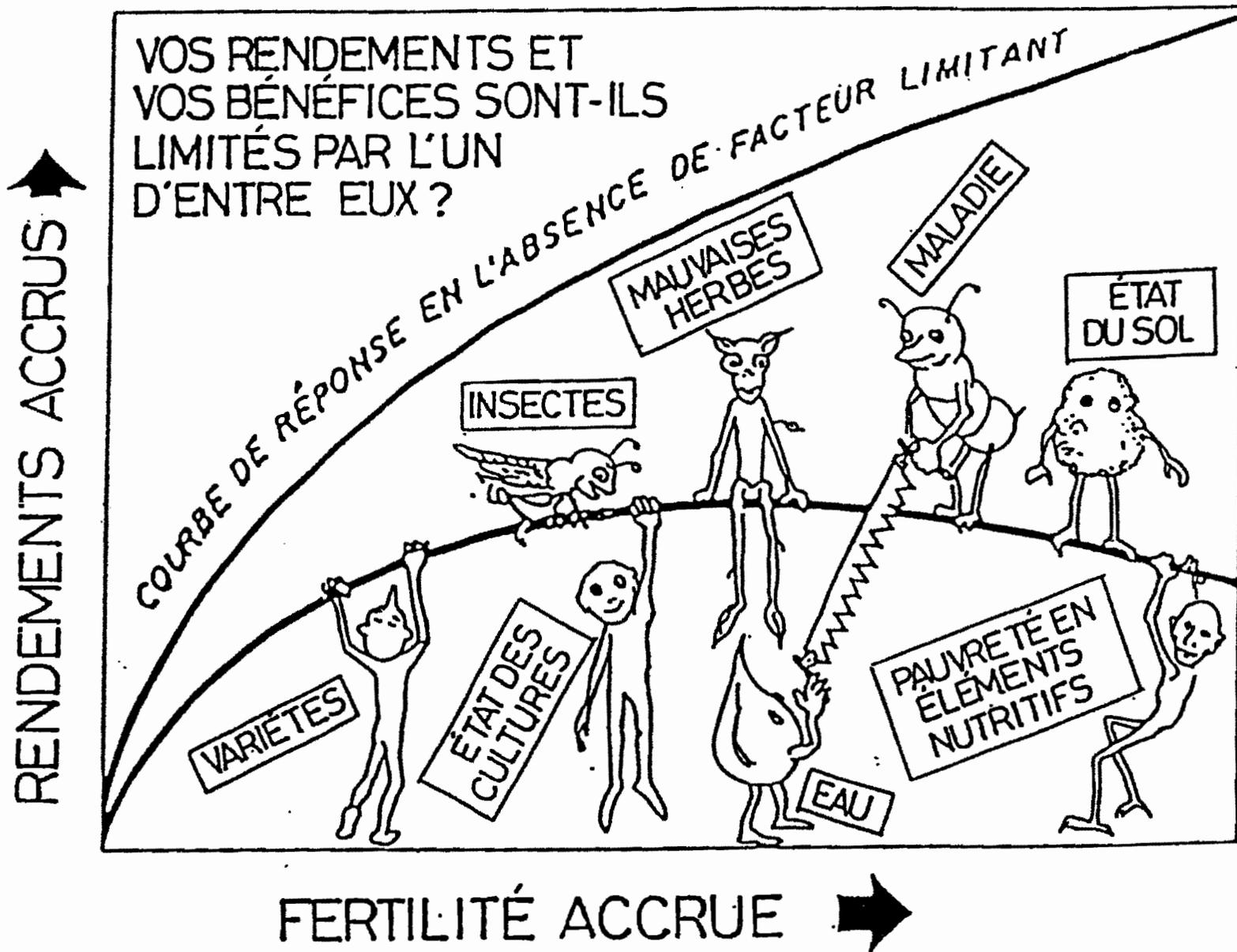
1. Demander aux groupes d'élèves de faire une étude sur les facteurs fonciers et techniques qui peuvent influencer les rendements des cultures cultivées au champ de l'établissement. Faire présenter en classe les résultats de l'étude.
2. Réaliser des essais simples d'engrais sur le terrain, avec la participation des élèves.
3. Donner des exercices de calculs du rendement d'un champ et de la rentabilité des engrais.
4. Faire pratiquer les évaluations des rendements des cultures cultivées à la ferme-école.

#### V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. B.I.T. - Cours de Fertilisation des Sols. Institut d'Economie Rurale. Bamako, 1972.
2. F.A.O. - Les Engrais et leurs Applications. F.A.O. Rome, 1980.
3. Hauser, G.F. - Manuel pour les enquêtes de fertilité des sols effectuées dans les champs des agriculteurs. Bulletin Pédagogique N° 11. F.A.O., Rome, 1971.

4. Soltner, Dominique - Les Bases de la Production Végétale, Tome 1 - Le Sol. Collection Sciences et Techniques Agricoles. Sainte-Gemme-sur-Loire, 1982.

# FACTEURS LIMITANTS DE PRODUCTION



## UN CALCUL DE RENTABILITE DES ENGRAIS SUR L'ARACHIDE

Traitement	Témoin sans engrais	120 kg/ha 6-20-10	75 kg/ha super simple 18%	25 kg/ha super triple 45%
Rendement moyen kg/ha	<b>1182</b>	<b>1659</b>	<b>1608</b>	<b>1515</b>
%	<b>100</b>	<b>140</b>	<b>136</b>	<b>128</b>
Surcroît de rendement par rapport au témoin kg/ha		<b>477</b>	<b>426</b>	<b>333</b>
Valeur du surcroît FM/ha		<b>14310</b>	<b>12780</b>	<b>9990</b>
Coût de l'engrais FM/ha		<b>6160</b>	<b>3000</b>	<b>1500</b>
Valeur ajoutée FM/ha		<b>8150</b>	<b>9780</b>	<b>8490</b>

Source : Point sur l'expérimentation des fumures à faibles doses apportées sur l'arachide au Mali, par M.F. Traoré, IRAT/MALI.

## ANNEXE 13.1

NOTE TECHNIQUE SUR L'EVALUATION DES  
RENDEMENTS D'UNE CULTURE D'ARACHIDE

(D'APRES OPERATION ARACHIDE)

La méthode décrite ci-dessous est préconisée par l'Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux (I.R.H.O.).

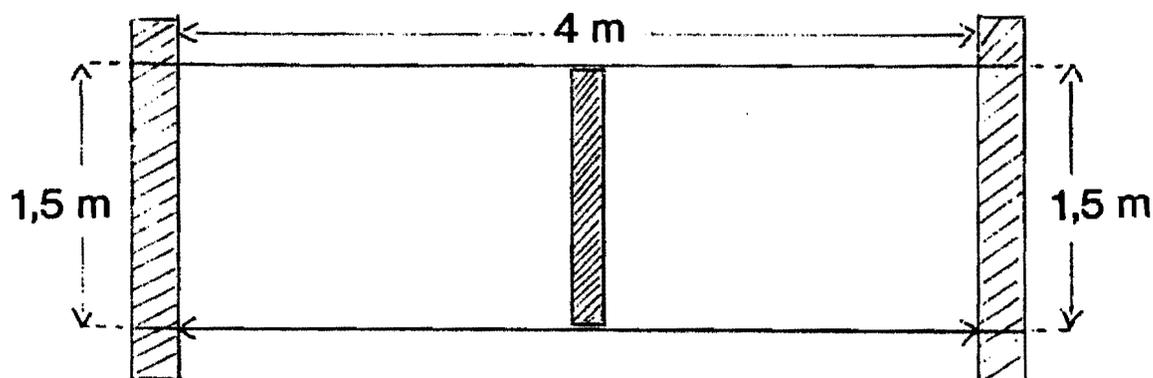
La mesure exacte du rendement d'un champ est difficile à obtenir pour de nombreuses raisons (récolte trop importante, délai trop court, etc...) par contre il est plus aisé de procéder par sondage.

I- PRATIQUE DE L'EVALUATION

Le choix de l'échantillon doit être le fait du hasard. Pour diminuer les erreurs d'échantillonnage il faut augmenter le nombre d'échantillons.

Dans le cas de champ boisé, il est nécessaire d'évaluer approximativement les zones couvertes et non couvertes pour faire des prélèvements d'échantillons proportionnels à ces surfaces.

L'I.R.H.O. a déterminé qu'une surface unitaire de 6 m<sup>2</sup> par échantillon est nécessaire et que 10 prélèvements à l'hectare permettent d'avoir une évaluation de rendement très précise.

1- Champ semé en désordre. Matériel

. L'opérateur dispose :

- d'un cadre constitué par 2 barres rigides d'environ 1m,60 sur lesquelles sont marqués deux repères (encadrés) distants de 1m,50. A ces repères sont fixées 2 cordes non extensibles de 4 m de long de manière qu'une fois le cadre déployé on obtient un rectangle de 1m,5 de large sur 4 m de long (délimité par les 2 bâtons et les 2 cordes) ce qui donne une surface de 6 m<sup>2</sup>.
- d'un bâton droit de 1m,50
- d'une daba.

. Evaluation de la surface du champ

Pour connaître le nombre d'échantillons à prélever, l'opérateur doit estimer la surface du champ. Pour cela il suffit de donner une forme géométrique simple au champ et de mesurer au pas les sections ou côtés caractéristiques (la largeur et la longueur pour un rectangle).

. Mesure

Au bord du champ, l'opérateur jette son bâton le plus loin possible. Au point de chute, il dispose son cadre comme l'indique la position AB à l'intérieur du cadre. Avec une daba tranchante il enlève tous les pieds se trouvant à l'intérieur du cadre. Si une plante se trouve à cheval sur les cordons ou les barres rigides, seule la partie intérieure sera récoltée. Aucune gousse ne doit rester en terre.

L'opération est à renouveler autant de fois qu'il y a d'échantillons à récolter, l'agent lancera chaque fois miner le suivant. Il prendra soin de séparer les différents échantillons qui seront séchés et pesés séparément.

2- Champs semés en ligne

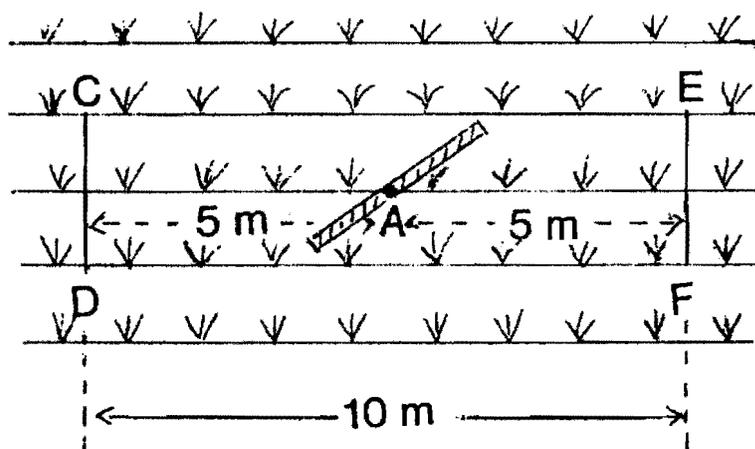
On suppose que les lignes sont exécutées à 0,60 m dans ces conditions une longueur de ligne de 10 m correspond en moyenne à 6 m<sup>2</sup>.

- . Matériel : bâton droit de 1,5 m  
une corde de 10 m  
une daba

- . Mesure

L'opérateur lance son bâton comme précédemment. A l'endroit où celui-ci coupe une ligne (A) il mesure 5 m de part et d'autre le long de la ligne et détermine ainsi une ligne de 10 m.

A chaque extrémité il mesure la distance qui sépare les 2 lignes adjacentes CD et EF, compte le nombre de pieds de la ligne (du point A) et procède à la récolte.



## II- CALCUL DU RENDEMENT A L'HECTARE

Après séchage les arachides sont égoussées et pesées par échantillon.

### 21- Champs semés en désordre

Prenons le cas de 6 échantillons, soit K le poids total des échantillons.

On divise K par  $60 \text{ m}^2$  pour avoir le poids par mètre carré et on multiplie le résultat par  $10000 \text{ m}^2$  pour avoir le rendement à l'hectare

$$\text{Rendement/ha} = \frac{K \times 10000}{60 \text{ m}^2} \text{ m}^2 \text{ ou } \boxed{\frac{K \times 1000}{6}}$$

### 22- Champs semés en ligne

soit K le poids total des 6 échantillons  
soit T le total des 6 mesures  $\frac{CD + EF}{4}$

exprimés en mètres

$$\text{Rendement/ha} = \boxed{\frac{P \times 1000}{T}}$$

soit P le poids total des pieds récoltés

$$\text{Nombre pieds/ha} = \frac{P \times 1000}{T}$$

### III- RESULTATS

On constate qu'en général les évaluations de rendements réalisés par cette méthode sont toujours légèrement supérieures à la récolte réelle..

L'écart s'explique par le fait que les échantillons sont mieux récoltés (pas de restes en terre) et traités plus minutieusement.



