

En 1984, le CNAPTI publiera des recueils de fiches dans les domaines suivants :

- le riz (Ph. de la SAYETTE et M. TOURE)
- la tomate (Ph. de la SAYETTE)
- cultures maraichères (Ph. de la SAYETTE)
- cultures traditionnelles (Ph. de la SAYETTE)
- maïs et sorgho (M. TOURE)

D'autres recueils sont en préparation :

- gestion des aménagements,
- conception et réalisation de périmètres irrigués villageois,
- tenue de documents comptables et gestion dans les organisations paysannes,
- arboriculture fruitière,
- culture attelée.

D'autres thèmes feront probablement l'objet de recueils :

- choix et utilisation de matériel agricole motorisé,
- le crédit agricole,
- les circuits traditionnels de commercialisation,
- productions animales,
- données économiques et sociologiques sur la zone du Fleuve,
- ---

BIBLIOTHEQUE	
N°	240
Date:	102/84

SOMMAIREMAIS

	<u>PAGE</u>
I - <u>MORPHOLOGIE</u>	2
11 - Appareil végétatif	2
12 - Appareil reproducteur	3
13 - Stades de croissance	3
II - <u>SELECTION DES SEMENCES ET VARIETES</u>	5
21 - La sélection	6
22 - Principe de la sélection généalogique	7
23 - Définitions	7
24 - Hybridation	8
241 - Les lois de l'hybridation	8
242 - Le monohybridisme	9
243 - Le dihybridisme	11
25 - Les variétés	13
III - <u>MISE EN PLACE</u>	14
31 - Les types de sol	14
32 - La préparation du sol	14
33 - Les modes de semis	15
IV - <u>ENTRETIEN</u>	16
41 - Conduite de l'irrigation	16
42 - Fumure	17
43 - Desherbage	18
44 - Insectes et maladies	19
V - <u>RECOLTE</u>	20
51 - Récolte	20
52 - Séchage	21
53 - Utilisations	22

LE SORGHO

I - <u>MORPHOLOGIE</u>	24
11 - Appareil végétatif	24
12 - Appareil reproducteur	25
13 - Stades de croissance	25

II	- <u>VARIETES ET SEMENCES</u>	26
	21 - Variétés traditionnelles	26
	22 - Variétés sélectionnées	27
III	- <u>MISE EN PLACE</u>	28
	31 - Types de sol	28
	32 - Travail du sol	28
	33 - Modes de semis	29
IV	- <u>ENTRETIEN</u>	30
	41 - Conduite de l'irrigation	30
	42 - Fumure	31
	43 - Désherbage	31
	44 - Insectes et maladies	32
V	- <u>RECOLTE</u>	33
	51 - Récolte et séchage	33
	52 - Valorisation	33

*

*

*

LE MAIS

1.2 - APPAREIL REPRODUCTEUR

Le Zea mays est une plante *MONOÏQUE* ; sur chaque pied on observe en effet :

- * des fleurs femelles groupées sur une ou plusieurs inflorescences situées à l'aisselle des feuilles, dans le 1/3 médian de la plante.

Chaque inflorescence est un EPI constitué d'un axe (*raîle*) porteur d'épilletts.

Les épilletts sont formés chacun de fleurs possédant un ovaire prolongé d'un long stigmate (soie).

L'épi est enveloppé de larges bractées ou *spathes* insérées aux noeuds situés à la base de l'épi.

- * des fleurs mâles qui, quant à elles, sont groupées sur une panicule terminale plus ou moins ramifiée composée de *glumes* et de *glumelles* qui entourent trois étamines.

L'on notera que le maïs, bien qu'étant une plante autofertile, a une fécondation *allogame* pour au moins 95 %, ce qui s'explique par le caractère de *protandrie* de la floraison (fleurs mâles apparaissent environ une semaine avant les fleurs femelles).

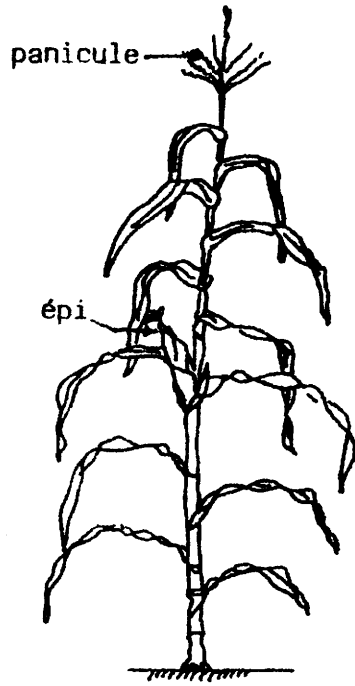
- * des grains qui sont disposés en rangées plus ou moins verticales (10 à 20) le long de la rafle, et peuvent être de forme (globulaire, ovoïde, prismatique) de couleur (blanche, jaune, violette, noire...) de taille et d'aspect (lisse, ridé) différents suivant la variété, cette diversité pouvant s'expliquer par l'allogamie très prononcée.

On peut compter entre 500 et 1000 grains par épi et le poids de 1000 grains se situe entre 100 et 300 g.

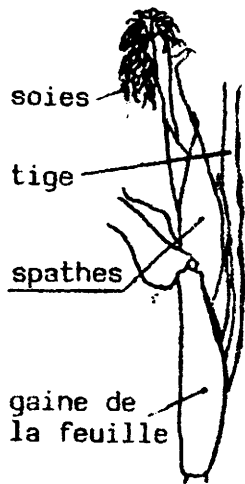
1.3 - STADES DE CROISSANCE

Le cycle du Zea mays passe par 3 stades :

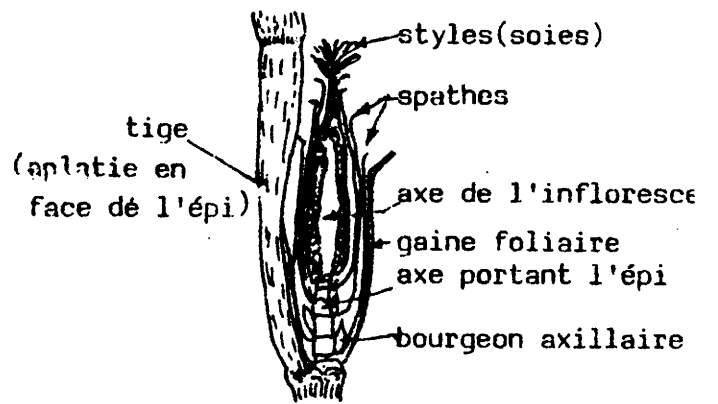
- une phase végétative qui va de la germination au début de la différenciation de la panicule ;



Plante adulte



Inflorescence femelle



épi

- une phase reproductive qui va de la différenciation des 2 inflorescences jusqu'à la fécondation ;
 - une phase de maturation qui va de la fécondation à la récolte.
- * Le stade végétatif. Il est caractérisé par la lenteur de croissance du plant après levée : 4-5 semaines après semis, le plant mesure 10-15 cm pour atteindre 50-60 cm au 2^e mois.

C'est un stade qui varie en fonction de la variété de la température et de l'humidité.

* La phase reproductive

Elle se caractérise par la rapidité de l'élongation des entrenœuds qui peut dépasser 5cm/jour.

Cette élongation rapide des entrenœuds fait apparaître la panicule jusqu'ici cachée au fond des feuilles, ceci 5 à 8 jours avant l'apparition des fleurs femelles ; ce qui explique que la fécondation croisée soit de règle. Cette phase correspond avec les besoins en eau maximum de la plante et toute sécheresse est à éviter.

* La phase de maturation

Elle coïncide avec la deuxième période où les besoins en eau sont élevés, elle fait passer le grain par 3 stades :

- le stade laiteux (le grain contient environ 80% d'eau)
- le stade pâteux (le grain renferme 50% d'eau, et les spathes commencent à jaunir).
- le stade viteux (le grain ne contient plus que 35 % d'eau). Le grain est mûr lorsqu'il est difficilement rayable à l'ongle.

2 - SELECTION DES SEMENCES ET VARIETES

Les variétés traditionnelles souvent utilisées et qui procèdent d'une sélection massale, sont adaptées aux conditions locales dans le cadre des techni-

ques de culture traditionnelle, mais ont une capacité de production faible du fait de leur faible réponse aux améliorations foncières.

Dans le cadre de l'intensification, des variétés "modernes" ont été introduites, mais des problèmes liés à l'approvisionnement, donc au renouvellement des semences, a conduit à une situation semencière qui entame sérieusement les qualités pour lesquelles ces variétés ont été introduites (bonne productivité, bonne vigueur, bonne résistance et bonne réponse aux améliorations).

Il s'agit donc non seulement d'utiliser des variétés adéquates (longueur du cycle, port, nature des grains, productivité...), mais de s'assurer du renouvellement du matériel végétal ; car à cause de l'allogamie prononcée, il est pratiquement déconseillé d'utiliser les mêmes semences pendant plusieurs campagnes.

C'est ainsi qu'à l'anarchie semencière actuelle, devra succéder une vraie politique utilisant les possibilités offertes par la sélection.

2.1 - LA SÉLECTION

Elle implique l'idée de choix des individus les meilleurs et l'élimination des médiocres, dans le but d'améliorer le rendement du "couple" végétal-sol.

Elle peut s'effectuer selon diverses méthodes :

- en se basant empiriquement sur les caractères morphologiques : suppression des individus inférieurs sans idée de la race,
- en se basant sur des caractères morphologiques, mais d'une façon méthodique, avec l'idée directrice d'amélioration de l'ensemble. (Choix des individus exceptionnels pour reproduction : masse) ;
- par un procédé basé sur les lois de l'hérédité, qui fait que, compte tenu des possibilités de transmission des caractères choisis, une véritable sélection peut être opérée : la sélection généalogique.

2.2 - PRINCIPE DE LA SELECTION GENEALOGIQUE

La sélection généalogique présente l'avantage grâce à *l'hybridation* d'assurer un potentiel de rendement supérieur, une grande homogénéité de la population, une grande résistance et une bonne réponse aux améliorations culturales, ceci grâce au phénomène de *l'hétérosis*.

En effet chez le maïs, on a remarqué que les hybrides de la première génération obtenus par le croisement de deux lignées pures distinctes, sont souvent plus vigoureux et plus productifs que n'importe lequel des parents : cet accroissement de vigueur est appelé hétérosis.

De même, lorsqu'on croise entre eux deux hybrides simples, on constate un nouvel hétérosis qui fait qu'aux augmentations de vigueur des deux hybrides par rapport à leurs parents respectifs, s'ajoute une augmentation de vigueur de l'hybride double par rapport aux vigueurs respectives des hybrides simples dont il provient.

2.3 - DEFINITIONS

ESPECE :

ensemble d'individus ayant un certain nombre de caractères communs, et susceptibles de se reproduire indéfiniment entre eux, en conservant leurs caractéristiques spécifiques.

VARIETE : (race ou cultivar)

groupe d'individus de mêmes espèces, présentant un certain nombre de caractères morphologiques (forme, couleur,...) et physiologiques (résistance, réaction...) identiques et relativement stables au cours des générations successives.

PHENOTYPE :

l'ensemble des caractères morphologiques et physiologiques, l'extérieur et les performances visibles, que ceux-ci soient héréditaires ou non.

GENOTYPE :

s'oppose à phénotype ; c'est l'ensemble du patrimoine héréditaire, c'est-à-dire les caractères qu'un individu est susceptible de transmettre à sa descendance.

LIGNEE PURE :

ensemble de plants ayant la même descendance et dont les générations successives sont parfaitement identiques, sans aucune variabilité. Dans ce cas tous les individus sont *homozygotes* (même gène sur les chromosomes d'une même paire) et ont le même génotype et la sélection n'a plus aucune prise sur eux.

Au niveau de la recherche, la sélection généalogique est faite grâce au procédé de l'hybridation basé sur la théorie fondamentale de l'hérédité issue en général des travaux de Mendel (Moine Botaniste Autrichien 1822-1884).

2.4 - HYBRIDATION

2.4.1 - Définition et lois de l'hybridation

On appelle hybridation, le croisement, c'est-à-dire l'union entre deux êtres de variétés (ou races) différentes, mais de la même espèce.

Cette union peut se faire soit naturellement, soit artificiellement (pollinisation/insémination artificielle).

En matière d'hérédité, c'est à dire de la transmission à la descendance d'un certain nombre de caractères parentaux, il a été établi que les chromosomes en sont les supports.

Chacun d'eux porte en effet une série de gènes renfermant les éléments qui commandent l'apparition des caractères spécifiques de chaque individu.

L'on peut également retenir certaines lois qui veulent que lors du croisement :

- chaque parent est porteur de caractères représentés par des facteurs génétiques ;
- ces facteurs génétiques sont indépendants les uns des autres chacun se transmet comme s'il était seul ;
- ils rivalisent par couple de caractères antagonistes, (exp : r

- ridé ; tâche blanche, tâche noire, aristé, mutique etc...)
- un seul des caractères antagonistes apparaît à la première génération F_1 ; c'est le caractère *dominant*. Il masque l'autre qui reste latent : c'est le caractère *récessif*. On remarque à cette génération, une uniformité des descendants.
- à la génération F_2 ; les descendants issus de F_1 sont hétérogènes.

2.4.2 - LE MONOHYBRIDISME

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

* Exemple

Soit deux variétés, une avec des graines lisses, l'autre avec des graines ridées

- on constate qu'à la F_1 on a que des maïs à graines lisses
- si on croise les graines issues de la F_1 on trouvera que $1/4$ des graines de la F_2 sont ridées et $3/4$ lisses
- à la F_3 les graines issues du croisement des individus de la F_2 donnent souvent ceci :
 - . les graines ridées ($1/4$ de la F_2) ne produiront que des individus ridés
 - . les descendants des graines lisses ($3/4$ de la F_2) comporteront des graines lisses qui produiront indéfiniment des graines lisses pour $1/4$ et les deux autres quarts donneront les mêmes résultats que la F_2 c'est à dire $1/4$ de graines ridées et $3/4$ de graines lisses, ceci même ultérieurement.

* Interprétation :

Les caractères décrits sont contenus et transmis par les cellules reproductrices (pollen ou ovule) l'une faisant apparaître le caractère lisse (L), l'autre le caractère ridé (r).

Ainsi l'indicatif génétique de la variété à graines lisses comporte deux signes par ce caractère (LL) alors que celui de la variété à graines ridées s'inscrira (rr).

Dès lors le schéma de l'hybridation sera :

Lisse (LL) X ridé (rr)

- A la F₁ on aura : lisse (Lr) - Lisse (Lr).

L'on remarque que, bien que les caractères lisse et ridé soient réunis dans la même graine, un seul apparaît (L) : donc le caractère lisse est *dominant* alors que le caractère ridé est *recessif*.

- A la F₂ les individus obtenus sont issus du croisement suivant :

Lisse (Lr) X Lisse (Lr)

On obtient ainsi : Lisse (LL) - Lisse (Lr) - Lisse (Lr) - ridé (rr)

Variétés	L	r
L	LL	Lr
r	Lr	rr

Mathématiquement on peut expliquer ces combinaisons par :

$$(L+r) \times (L+r) = L^2 + 2Lr + r^2.$$

L'on remarque dès lors que contrairement à la F₁ où tous les individus sont uniformes (mais *hétérozygotes*), la F₂ présente une hétérogénéité dans la descendance, ceci aussi bien au niveau du phénotype que du génotype, par suite de la *dissociation des caractères* qui fait apparaître le caractère recessif.

C'est ainsi que l'on obtient 1/4 des descendants constitués de lignée pure ridée (rr) et 1/4 constitués de lignée pure lisse ; et chacune de ces lignées, en s'autofécondant donnera des descendants *homozygotes* identiques aux parents respectifs (LL ou rr).

Par contre le 2/4 des descendants restants, autofécondés, donneront les mêmes résultats que la F₂.

En conclusion, l'on remarque ici que l'action de la sélection généalogique sert uniquement à éliminer les hétérozygotes instables, à partir de la F_2 : ceci pour éviter les disjonctions perpétuelles de caractères et ne conserver que les homozygotes. A ce titre, une telle sélection est dite *défensive, conservatrice*, aucune amélioration proprement dite n'étant possible.

2.4.3 - Le Dihybridisme

* Exemple

Considérons le croisement de deux variétés pures, dont les caractères de différenciation sont supposés dépendre de l'action de deux paires de gènes se trouvant sur des chromosomes différents ; soit une variété à graines lisses (LL) et jaunes (JJ) croisée à une variété à graines ridées (rr) et vertes (vv).

Lisse jaune (LLJJ) X Ridée verte (rrvv)

- A la F_1 on aura Lisse jaune (LrJv)

On remarque que tous les hybrides obtenus sont semblables : les graines sont lisses et jaunes.

Ici les caractères lisse et jaune dominent les caractères ridé et vert.

- Si on croise les descendants obtenus à la F_1 , entre eux, on obtient une F_2 composée de :

- . graines lisses et jaunes
- . graines ridées et vertes
- . graines lisses et vertes
- . graines ridées et jaunes

* Interprétation

A la F_1 , la formule des hybrides obtenus (LrJv) s'explique par le fait que la formule des gènes parentaux étant LLJJ pour une variété et rrvv pour l'autre, celle de leurs gamètes sera Lr et rv.

La fusion de ces gamètes donne ainsi la formule des descendants : LrJv.

Pour la F₂, la formule génétique des parents à croiser étant LrJv, celle de leurs gamètes mis en jeu, sera par suite des combinaisons possibles : LJ - Lv - rJ - rv.

Le tableau suivant indique les diverses associations qui peuvent se réaliser lors du croisement en F₂ :

Gamètes	LJ	Lv	rJ	rv
LJ	LLJJ	LLJv	LrJJ	LrJv
Lv	LLJv	LLvv	LrJv	Lrvv
rJ	LrJJ	LrJv	rrJJ	rrJv
rv	LrJv	Lrvv	rrJv	rrvv

Soit les combinaisons suivantes :

LLJJ 2LLJv 4LrJv
 LLvv 2LrJJ
 rrJJ 2Lrvv
 rrvv 2rrJv

On voit cette fois ci, que l'on obtient des individus nouveaux différents des géniteurs, lesquels sont obtenus par association de caractères qui, dans la nature, se trouvaient séparés sur des variétés différentes.

On a ainsi les graines jaunes et ridées (JJrr) et celles à graines lisses et vertes (LLvv) qui sont des variétés nouvelles, et les graines jaunes et ridées (rrJv) et celles à grain lisses et vertes (Lrvv) qui sont des hybrides hétérozygotes dont les caractères se disjoindront aux générations suivantes (F₃ surtout).

On peut maintenir la pureté de la race nouvelle en multiplier

séparément les individus et en observant leur lignée pour vérifier leur stabilité ou leur disjonction ; mais dans le cas du maïs, ce qui est conseillé, rappelons le, ce sont les hybrides, à cause de l'hétérosis.

Notons à ce propos qu'il existe plusieurs catégories d'hybrides :

- . L'HYBRIDE SIMPLE qui résulte du croisement de deux lignées pures (par exemple $A \times B = AB$)
- . L'HYBRIDE DOUBLE qui résulte du croisement de deux hybrides simples ($A \times B = AB$ $AB \times CD = ABCD$
 $C \times D = CD$)
- . L'HYBRIDE TROIS VOIES qui résulte du croisement d'une lignée pure avec un hybride simple ($A \times B = AB$ $AB \times C = ABC$
 C)
- . LES COMPOSITES qui sont des polyhybrides obtenus à partir de lignées pures, de populations et d'hybrides, combinés ce qui leur donne l'avantage de pouvoir être semés pendant plusieurs générations (5 environs), sans renouvellement des semences.

2.5 - LES VARIETES

L'hybridation par le phénomène d'hétérosis (accroissement de vigueur) a permis, entre autre, de produire des variétés cultivables en dehors des zones antérieurement réservées au maïs, et d'obtenir des rendements beaucoup plus élevés. Mais ces maïs étant hétérozygotes (sujets à la disjonction des caractères à la génération suivante) ne peuvent être ressemés ; donc il faut chaque année renouveler la semence.

Seules les variétés hybrides ou composites sont conseillées pour l'intensification de la culture du maïs.

L'on compte ainsi parmi elles :

- Des composites comme EARLY THAI, CPJ BOUAKE, PENJALINAN, DIARA, KATUBA NI, KISAN, A52-53, A53-54 dont les cycles varient de 100 à 120 jours avec un potentiel de rendement de 6T/ha.
- Des hybrides tels que BDS III - JDS III principalement qui ont un cycle moins long (90 J) et un potentiel de rendement de 4 à 5 T/ha.

3 - MISE EN PLACE

3.1 - TYPES DE SOL

Le maïs préfère les sols riches et profonds à texture fine et pH acide (6,5 à 5,5).

Le maïs tolère les sols médiocres mais pas les sols hydromorphes mal drainés.

A la SAED, le maïs est cultivé sur les fondés et parfois sur faux hollaldés.

Grace à ses organes végétatifs développés (racines, feuilles, tiges) le maïs peut améliorer la qualité du sol s'ils sont enfouis.

3.2 - PREPARATION DU SOL

Le maïs de par sa morphologie particulière demande un sol meuble, profond, bien structuré, capable de stocker assez d'eau. Pour cela on peut préconiser :

- un labour profond
- un passage d'offset ou de rotavator à sec
- un billonnage

La pratique du labour manuel suivi d'un billonnage dans la vallée présente souvent certains inconvénients :

- la profondeur de travail est superficielle
- le labour est souvent motteux
- le billonnage qui suit est très réduit.

La mécanisation attelée peut être une solution intermédiaire entre ces deux pratiques.

Remarque

Dans les conditions actuelles de culture des PIV, les suivis menés par l'ISRA auraient montré que le travail du sol avait peu d'importance. Il ressort de ce suivi que l'irrigation et la date de semis sont des points prédominants ; et par ce fait, il vaudrait mieux, si on est pris par le temps, semer tôt en non travail du sol, que tard sur sol travaillé.

Les affirmations sur l'importance du travail du sol en général et du labour en particulier, sont donc à relativiser surtout que des essais à Fanaye ont donné les résultats suivants :

Labour	_____	5,5 T/ha
Rotavator à 10 cm	_____	5,3 T/ha
Non travail du sol	_____	4,4 T/ha.

3.3 - MODES DE SEMIS

3.3.1 - Méthodes

Parmi les différents modes de semis du maïs l'on rencontre :

- maïs de décrue :
 - .semis en humide à plat (au lougal)
- maïs irrigué :
 - .semis en humide sur billon
 - .semis à sec sur les 2/3 des flancs du billon suivi d'une irrigation
 - .semis à sec à plat en ligne à 2 cm de profondeur (mais sur des parcelles parfaitement planes).

3.3.3 - Densité

La densité ou le nombre de pieds de maïs par hectare dépend :

- de la variété utilisée (cycle, port)
- des conditions hydriques
- du niveau de fertilité

Contrairement à la pratique traditionnelle où la densité est de 15 à 20.000 plants, la densité conseillée varie entre 40 et 60.000 pieds/ha.

Le poids de semences à utiliser dépend de la variété (poids de 1000 grains) et de la densité désirée.

L'on peut compter entre 20 à 40 Kg/ha pour un semis distant de 70 à 80 cm entre les lignes et 35 à 40 cm sur la ligne, avec 2 grains par poquet (sans démarriage).

3.3.3 - Dates des semis

Le semis précoce est conseillée entre le 10 et 30 juin en hivernage, avant les grandes pluies, et entre le 15 oct. et 15 Nov. en contre-saison froide avant la période des grands froids et pour avoir la maturité avant l'harmattan (Mars).

Tout retard dans le semis constitue un facteur de baisse de rendement.

4 - ENTRETIEN

4.1 - CONDUITE DE L'IRRIGATION

Le Maïs est une plante de milieux aérés ne supportant pas l'engorgement des racines. Ses besoins en eau se limitent à la compensation des pertes dues à l'ETP, avec la restriction que, au départ de la culture, la réserve en eau du sol sera rechargée à la capacité de rétention.

Les besoins en eau globaux se situent entre 5000 et 8000 m³/ha, ceci suivant les types de sol, l'importance des précipitations, la durée du cycle etc...

Le Maïs est également sensible à la sécheresse, qui se traduit par l'enroulement en pointe des feuilles, avec ralentissement ou arrêt de la croissance.

La sécheresse influe grandement sur les rendements, surtout à deux stades où le maïs présente une pointe de besoin en eau maximum :

- 15 jours avant et après la floraison mâle : la culture traverse en effet une période critique de grande sensibilité au manque d'eau qui peut affecter le rendement pour plus de 50%.
- Après la floraison : l'influence néfaste du manque d'eau décroît jusqu'au stade de la maturation (grain pâteux) où le même danger réapparaît.

Il faut cependant noter qu'il n'est pas arrêté que tout manque d'eau en dehors de ces deux périodes critiques est sans conséquences sur les rendements ; en effet le cumul de plusieurs moments de sécheresse, même en dehors des périodes critiques, peut entraîner une chute de rendement aussi importante qu'un déficit momentané autour de la floraison.

C'est ainsi qu'à des irrigations massives et sporadiques il faut substituer un système d'irrigation à fréquence régulière et à dose modérée.

4.2 - LA FUMURE

La fertilisation du maïs doit tenir compte des exportations, de la richesse du sol, des méthodes culturales (surtout irrigation), mais également des restitutions organiques s'il y a lieu. En effet il a été montré que les restitutions par l'enfouissement des tiges sont élevées et peuvent atteindre 2/3 pour l'azote, 3/5 pour le phosphore et 5/6 pour la potasse.

Par ailleurs, en ce qui concerne le rythme d'absorption des éléments fertilisants, il a été remarqué que l'absorption est maxima au cours des deux mois qui entourent la floraison (les 3/4 de l'azote sont absorbés à ce moment) ; ce qui devra présider au choix des époques d'application de la fumure minérale (l'azote de couverture surtout).

S'agissant des exportations, elles varient suivant le système de culture, mais néanmoins on estime qu'elles se situent autour de : 120 unités d'azote
60 unités de phosphore et 60 unités de potasse.

Ainsi donc en tenant compte des pertes par lessivage, par blocage etc... et du fait que la culture intensive du maïs est indissociable de fortes fumures, il est préconisé en conditions moyennes de sol, 100 à 150 unités d'azote, 80 à 100 de P₂O₅ et 60 à 80 de K₂O. Au niveau de la vallée, il est appliqué à Bakel 150 Kg/ha de 18-46-0, 100 Kg de KCL et 200 Kg d'urée soit 117 - 69 - 60, alors que la FAO à Guédé préconise l'application de 122 - 96 - 60 unités.

En ce qui concerne les époques d'épandage, l'on retiendra que :

- la fumure phosphopotassique est à épandre avant le semis (labour, billonnage)
- les apports d'azote doivent être de préférence fractionnés entre le semis la pleine croissance du plant (20 à 25 j. après semis) et la montaison-floraison.

On notera à cet effet que les modalités d'exécution de ces épandages de couverture soulèvent certaines controverses, mais deux solutions sont souvent proposées :

- épandage de l'urée après irrigation sur sol boueux
- épandage de l'urée avant l'irrigation. Dans ce cas, l'épandage est suivi rapidement d'un sarclo-buttage puis d'une irrigation.

4.3 - LE DESHERBAGE

Le maïs est extrêmement sensible à la compétition des mauvaises herbes. Autrement dit, sa culture intensive ne peut s'envisager qu'en "clean-weeding", par l'application d'une bonne politique de lutte contre les adventices.

Ceci peut s'envisager à plusieurs niveaux :

- au moment des travaux de préparation du sol (labour profond du sol si possible)
- lutte intensive contre les adventices sur la culture précédant le maïs
- procéder à 3 sarclo-binages combinés avec les apports d'azote de couverture
- utiliser les désherbants chimiques sélectifs si le système d'exploitation s'y prête.

Il s'agit pour ce dernier cas de l'utilisation de deux produits principalement, du groupe des TRIAZINES : L'ATRAZINE et la SIMAZINE. Ils détruisent les principales adventices du maïs et sont utilisés en pré-émergence à la dose de 1,5 à 3 Kg de matière active par ha dans 500 litres d'eau.

Leurs principales caractéristiques sont :

- ils agissent sur la photosynthèse après absorption par les racines et les feuilles pour l'atrazine ;
- leur efficacité dépend de la nature du sol :
 - . les sols argileux ont une forte rémanence car les triazines sont fixées par les colloïdes qui les libèrent lentement.
 - . les colloïdes humiques les fixent, mais les micro-organismes les détruisent (efficacité de courte durée)
 - . les sols sableux laissent filtrer les triazines, surtout si la pluviométrie ou l'irrigation est abondante
- les triazines sont inefficaces sur les adventices à enracinement profond (O. Longistaminata, Cypéracées à rhizomes)

Le traitement peut se faire à deux périodes

- . Avant le semis du maïs, dans les sols à forte rémanence
- . Au semis ou dans les quelques jours qui suivent, dans les sols à faible rémanence car un traitement précoce est inefficace.

Remarque : l'utilisation des triazines en post-émergence des adventices est aussi pratiquée, mais dans ce cas, seule l'atriazine est employée.

Par ailleurs, le traitement sera d'autant plus efficace que les adventices sont jeunes.

C'est un traitement recommandé pour les sols à faible rémanence (sableux ou humifères).

4.4 - INSECTES ET MALADIES

De même que la lutte contre les mauvaises herbes, la lutte contre les ennemis du maïs peut s'envisager sous deux angles :

* La lutte indirecte, basée sur la mise en bonnes conditions du sol et de la plante pour obtenir le maximum de résistance naturelle par :

- des rotations améliorantes et nettoyantes limitent l'infestation parasitaire du maïs par les spores et les larves laissées par la culture précédente
- une fertilisation équilibrée accroît la vigueur de la plante
- un travail du sol adéquat et au bon moment, pour éviter le tassement générateur d'asphyxie (diminution de l'intensité de la respiration racinaire mise en jeu pour la résistance du plant au parasitisme).
- le contrôle de l'emploi des desherbants chimiques, perturbateurs de la microflore, ceci au profit de binages et sarclages mécaniques, améliore l'équilibre sol - plante.
- l'utilisation de variétés résistantes offre une meilleure garantie contre les attaques.

* La lutte directe par traitements chimiques, préventifs, ou curatifs, contre la maladie ou les parasites animaux.

Une fois mises en oeuvre les techniques de lutte indirecte, la lutte directe par l'emploi de produits chimiques peut s'avérer beaucoup moins nécessaire.

Néanmoins l'on peut être appelé à faire usage de traitements chimiques contre :

- la fonte des semis due à la FUSARIOSE : désinfection des semences par un fongicide (manèbe, thiram)

- les courtillières et termites au stade plantule en traitant au HCl
- les "BORER" (sésamia) qui provoquent le flétrissement de la partie supérieure de la plante qui peut en mourir. On traite au FURADAN, Thimul, ou Basudine.
- les attaques d'Acarieus et de Chenilles défoliatrices : traitement au Thimul, malathion ou azodrine
- l'Helmintosporiose qui se manifeste par des tâches brunes : traitement à la Kasumin, Blastocidine
- le charbon sur les tiges, les panicules et les épis, se manifestant par une masse enveloppée d'une membrane blanche devenant violacée, puis noirâtre et enfin pulvérulente. On peut utiliser des fongicides classiques mais peu efficaces
- les Sesamia et Pyrales trouant les spathes et minant la rafle : même traitement que contre les borers.

Mais comme dans tout traitement phytosanitaire, il faut tenir compte de l'opportunité de l'opération (efficacité et rentabilité économique) en tenant compte du système d'exploitation (cf module riz).

Quelles que soient les conditions, l'accent doit être mis sur la Prophylaxie par l'application des méthodes de lutttes indirectes.

5 - LA RECOLTE

5.1 - RECOLTE

- * La maturité du maïs survient au stade *vitreux* quand les grains sont difficilement rayable à l'ongle. A ce stade le maïs contient encore entre 35 et 45 % d'eau.

Hormis la récolte en vert, pratique courante au niveau des PIV, le problème se situe au niveau du pourcentage d'humidité de la graine à la récolte en vue d'une bonne conservation. Le maïs n'est jamais récolté sec car, insérés sur la rafle toujours plus humide qu'eux, les grains voient leur humidité descendre difficilement jusqu'à 15 % (taux nécessaire à

bonne conservation).

C'est ainsi que la récolte peut être effectuée dès que 75 % des spathes sont jaunes, car une récolte plus tardive, bien que diminuant le temps de séchage des grains, présente des inconvénients :

- verse,
- égrenage,
- attaque parasitaire,
- retard possible dans la mise en place de la culture suivante.

La récolte du maïs se fait ici manuellement, mais notons qu'elle peut se faire mécaniquement soit en épis, soit en grains (*Corn Pickers* ou *Corn Shellers*).

La récolte manuelle semble s'adapter beaucoup mieux à notre contexte car :

- elle libère le sol plus tôt que la récolte en grain,
- elle est plus indiquée sur les petites soles (PIV),
- elle augmente la valeur alimentaire des grains (vitamines, oligo éléments) par suite des échanges grains rafles,
- elle facilite le séchage qui fait ici appel à l'énergie naturelle (air, soleil),
- elle est le seul procédé autorisé pour la récolte de maïs semence, dont la faculté germinative pourrait être endommagée par le battage et le séchage dans le cas d'une récolte en grains.

5.2 - SECHAGE

S'agissant du séchage, qui peut varier en fonction de la destination du grain, le but visé est de préserver la qualité du maïs à stocker, en diminuant son taux d'humidité initial pour l'amener à 15 % (taux optimum en conservation).

- le maïs récolté en épis est dépouillé de ses spathes et mis au séchoir (crib, toit...) où après séchage lent et égrenage (pilon, égreneuse à maïs ..) les grains obtenus seront nettoyés et mis en stock (silos, greniers sacs).
- le maïs récolté en grains quant à lui est transporté au séchoir où il doit passer plusieurs heures. Ce séchage se fait par l'air chaud fourni par

installations spéciales, souvent grande consommatrice d'énergie.

Dans les deux cas, le lieu de stockage doit être propre, aéré et bien protégé contre les insectes (charançons surtout), les champignons et les prédateurs animaux (rats, souris, ciseaux...).

Remarque : Concernant le maïs fourrage, il est à noter que les techniques de cultures sont identiques à celles du maïs grains, exception faite des points relatifs à la densité de semis, au stade et mode de récolte.

5.3 - UTILISATION

Il s'agit principalement ici, des questions relatives à la valorisation du maïs qui est l'une des plantes qui offre le plus de débouchés. Toutes les parties de la plante peuvent être valorisées soit en produits alimentaires ou industriels, soit en produits domestiques.

On distingue en effet, au niveau du grain :

- l'enveloppe, les sons ou issues qui sont des constituants pour la préparation d'aliments composés pour le bétail
- le germe qui fournit aussi bien de l'huile de haute qualité pour l'alimentation humaine, que des tourteaux pour la préparation d'aliments composés pour le bétail.
- l'albumen (amande) qui fournit des semoules et farines pour la consommation humaine, des farines ultra-fines pour l'industrie textile (en remplacement de certains amidons), et qui entre également dans la production confiseries, brasseries, biscuiteries et pâtisseries.

Quant aux matières cellulosiques, la valorisation porte sur les tiges, feuilles, spathes et rafles :

- fourrages pour l'alimentation du bétail avec les feuilles, tiges et spathes
- clôtures domestiques avec les tiges
- incorporation dans les produits papetiers et cartonniers
- constituants pour la préparation d'aliments composés pour le bétail
- restitution au sol d'importantes quantités d'éléments minéraux (surtout K_2O)

*

*

*

LE SORGHO

1 - MORPHOLOGIE

Le sorgho (*Sorghum vulgare*) est une céréale de la famille des graminées qui, sur le plan morphologique peut se diviser en deux parties :

- l'appareil végétatif,
- l'appareil reproducteur.

1.1 - L'APPAREIL VEGETATIF (racine, tige, feuille)

Le sorghum vulgare est une plante généralement de taille moyenne (1m à 1,20m) mais pouvant atteindre environ 2 m avec les variétés traditionnelles.

Les feuilles longues rappellent celles du maïs, mais à la différence de celui-ci, le sorgho a les siennes moins longues et glabres. Les limbes foliaires sont revêtus par une couche cutinisée, elle même recouverte d'une quantité importante de cire de couleur blanchâtre.

Comme le maïs, le sorgho passe par une phase de croissance lente, malgré l'accroissement rapide du nombre de feuilles (5 feuilles au 12^e jour) mais contrairement à ce dernier, il a une capacité de tallage qui survient au stade 4 à 6 feuilles.

Au stade 10-12 feuilles, on note une accélération de l'élongation des entrenœuds jusqu'au moment de la floraison où les talles atteignent leur taille normale.

Sur le plan racinaire, il est à noter que le sorgho, dès la première phase de croissance, développe un système racinaire profond à racines adventives fibreuses et ramifiées, deux fois plus important que celui du maïs (à sup

ficie foliaire identique) ; ce qui explique que le sorgho résiste mieux à la sécheresse que le maïs.

1.2 - L'APPAREIL REPRODUCTEUR

Il est principalement constitué par une inflorescence unique qui apparaît au bout des talles sous la forme d'une panicule plus ou moins compacte. Chacune d'elle porte des épillets renfermant tout le système de fécondation (étamine, style, ovaire...) Ceci explique le caractère autogame de la pollinisation, étant entendu qu'il n'existe pas d'obstacles sérieux à la fécondation croisée qui peut atteindre chez le sorgho 60 à 70 %.

1.3 - STADES DE CROISSANCE

L'on peut noter à cet égard trois stades :

* le stade végétatif qui va de la levée à la floraison.

Pour ce stade on note :

- une phase de croissance lente qui voit l'apparition des talles
- une phase de croissance accélérée qui conduit le plant à sa taille normale au moment de la floraison.

Pendant ce stade l'on aura à veiller sur plusieurs points :

- procéder au démarrage
- assurer l'alimentation azotée de la plante
- maîtriser les adventices.

Jusqu'à la floraison, les organes végétatifs du sorgho peuvent être dangereux pour les ruminants à cause de la présence d'éléments générateurs de HCN (d'hurrine) toxique.

* le stade reproducteur va de la floraison à la pollinisation. Il se traduit par l'apparition des fleurs la nuit ou aux premières heures de la matinée. Cette floraison peut durer une semaine pour une panicule entière débutant par les fleurs terminales pour progresser vers le bas de la panicule. A ce stade le plant atteint sa taille maximale.

La pollinisation est autogame, mais avec des possibilités de fécondation

croisée.

Par ailleurs, il est à noter que chez le sorgho, il existe des individus mâles stériles, ce qui est très important pour l'amélioration variétale.

- * le stade maturité : il part de la fécondation des grains jusqu'à la récolte. Il faut noter que comme pour le maïs, les grains de sorgho passent par les stades laiteux, pateux et maturité complète. Pendant les 2 premiers stades (laiteux et pateux) un soin particulier doit être porté à la conduite de l'eau et au gardiennage contre les oiseaux.

2 - VARIETES ET SEMENCES

2.1 - VARIETES TRADITIONNELLES

- Traditionnellement, les variétés utilisées sont caractérisées par leur :
- adaptation aux conditions locales (pédo-climatiques, techniques, socio-économiques),
 - faible réponse aux améliorations foncières,
 - rusticité,
 - faible potentiel de rendement (700 à 1200kg/ha).

Sélectionnées massalement par les paysans depuis des siècles, ces variétés

- sont de taille relativement grande (1,5 m à 2 m),
- à panicules dressées et compactes,
- ont de gros grains.

Des prospections ont abouti à l'identification des meilleurs cultivars (cf tableau ci-après), lesquels sont classés en quatre grandes familles :

- les "POURDI" : gros grains blanc-laiteux
- les "SAMBA SOUKI" : gros grains jaunâtres, brunâtres ou rougeâtres à couche brune
- les "DIAKHNATE" : gros grains ivoire, sans couche brune
- les "SEVIL" : grains plutôt petits, ivoire ou rouge, sans couche brune.

Tableau récapitulatif des cultivars retenus pour leur performance en décrue.

Numéro	Famille	Origine	Observations
RT 13 SD 36 SD 3 SD 6	Samba Souki " " " " " "	Kaédi Galoya Boghé Sara NDogar	Ces variétés de décrue testées en station, à la densité de 10 000 poquets/ha, et avec une légère fumure minérale, ont donné des rendements de l'ordre de 2 tonnes/ha.
RT 50	Diakhate	Dagana	
RT 35 SD 10	Pourdi "	Kaédi Aéré MBar	
SD 24 RT 42 RT 44	Sévil " "	Dolol Guédé Rosso	

2.2 - VARIETES SELECTIONNEES

En ce qui concerne le sorgho intensif, la productivité est visée par le recours à des cultivars :

- à haut potentiel de rendement,
- supportant des techniques intensives de culture (irrigation, fumure, forte densité, attaques..),
- à paille courte,
- à encombrement végétatif limité mais bon rapport paille/grain,
- à panicule bien fournie,
- à bonne qualité organoleptique (sans couche brune).

L'existence d'individus mâles stériles a permis aux sélectionneurs de créer des lignées mâles stériles qui croisées avec des lignées normales ont donné des hybrides.

C'est ainsi que l'ISRA FANAYE préconise pour la vallée, les variétés suivantes :

Type variété	Hivernage	Contre-saison
Cultivars lignées	73-13 Rendement 4T/Ha	75-14 Rendement 4,8T/Ha
Hybrides	612 A X 58-29 Rendement 4,7T/Ha	612 A X 75-14 Rendement 5,6T/Ha

3 - MISE EN PLACE

3.1 - TYPES DE SOL

Le sorgho est très sensible aux excès d'humidité et de ce fait doit être réservé aux sols, riches, profonds, drainables et à texture fine.

Mais le sorgho est cultivé sur des types de sol assez variés, généralement plus argileux que ceux réservés au maïs.

C'est ainsi que dans la vallée on le trouve sur les "Fondé" et les "Faux-Hollaldé", mais aussi il se comporte également bien dans les sols argileux de bas-fond à bonne capacité de rétention (cf. cultures traditionnelles).

3.2 - TRAVAIL DU SOL

Compte tenu des exigences du sorgho, tout travail du sol à ce niveau doit viser entre autres à :

- ameublir le sol pour favoriser l'enracinement,
- l'aérer,
- augmenter sa capacité de stockage en eau,
- éviter la stagnation d'eau,
- augmenter la surface explorée par les racines.

A ce propos, il semble bien que le labour soit le pivot de l'intensification du sorgho. Il a été montré en effet, une augmentation de rendement de l'ordre de 30% entraînée par le labour.

Aussi dans la vallée peut-on préconiser en intensification :

- un labour profond
- un pulvérisage à l'offset ou au rotovator
- un billonnage (suivant le mode de semis).

Dans les PIV, la traction animale, peut pallier aux insuffisances remarquées au niveau de la préparation manuelle du sol.

3.3 - MODE DE SEMIS

3.3.1 - Méthodes

Les différents modes de semis rencontrés au niveau du sorgho, sont semblables à ceux du maïs :

- semis à plat en humide (décrue) ou à sec (exige maîtrise parfaite de l'eau)
- semis sur billons.

Le semis est souvent fait en poquet, mais peut être fait en ligne à plat avec semoir.

3.3.2 - Densité

Traditionnellement le sorgho est semé en poquets espacés de plus d'un mètre parfois avec ainsi un peuplement de 5000 à 10000 poquets par ha. Après démarrage à 2 ou 3 plants on a souvent entre 10 000 et 30 000 plants/ha.

En culture intensive la recherche préconise :

- En hivernage
 - . 0,60 cm d'écartement entre ligne
 - . 0,30 cm entre poquet

Soit une densité d'environ 55 555 poquets/ha soit 166 665 plants/ha.

- En contre-saison froide

- . 0,60 cm entre ligne
- . 0,15 cm entre poquet

Soit une densité d'environ 111 111 poquets/ha et un peuplement de 333 333 plants/ha.

3.3.3 - Date de semis

La recherche préconise de semer le sorgho **plustôt** que le maïs, ceci dans le but de permettre à la plante de boucler sa phase végétative : car il a été montré que le sorgho épie à date fixe.

Ceci dit le sorgho réussit bien en hivernage et mieux encore en contre saison.

La station ISRA FANAYE préconise :

- semis en juin pour l'hivernage
- semis début octobre pour la contre-saison froide.

4 - ENTRETIEN

4.1 - CONDUITE DE L'IRRIGATION

Comme pour le maïs, le sorgho supporte mal l'engorgement des racines.

Une fois le sol chargé à sa capacité de rétention au départ de la culture, il reste à compenser les pertes dues à l'ETP, lesquelles varient en fonction du stade végétatif.

Globalement les besoins en eau du sorgho sont plus faibles que ceux du maïs de l'ordre de 5000 à 6000 m³/ha. Cette moindre exigence en eau pourrait résulter d'un certain nombre de caractéristiques morphologiques et physiologiques.

Malgré sa résistance à la sécheresse, le cumul de moment de sécheresse peut entraîner des conséquences qui se traduiront par une baisse des rendements. C'est ainsi que tout manque d'eau est à éviter à la période critique du sorgho qui va du gonflement jusqu'à la fin maturité laiteuse.

Aussi sur le plan pratique, est-il recommandé de procéder à des irrigations régulières et à dose modérée. Dans ce cadre la FAO préconise une irrigation toutes les semaines sur fondé alors que l'ISRA irrigue une fois tous les 10 jours.

4.2 - FUMURE

Comme pour le maïs, le sorgho intensif demande une forte fumure dont le pivot est l'azote.

Dans l'établissement d'une formule d'engrais pour cette culture, l'on tiendra compte en plus des facteurs classiques (sol, exportations, système de culture), des restitutions éventuelles des parties végétales de la plante (3/4 de K_2O restitués).

Aussi une fumure analogue à celle du maïs est susceptible de satisfaire les besoins du sorgho en éléments fertilisants. (122-96-60).

En ce qui concerne les époques d'épandage, l'on retiendra :

- que tous les éléments phosphopotassiques, ainsi qu'une partie de l'azote sont à épandre avant le semis
- le restant de l'azote est à fractionner au moins à deux périodes :
 - . au démarrage (10 à 15 jours après semis)
 - . à la montaison.

Du fait du tallage, on peut fractionner d'avantage pour renforcer ce phénomène.

S'agissant des modalités d'application de cette fumure, le problème se pose dans les mêmes termes que le maïs, et les recommandations faites à l'endroit du maïs, restent valables pour le sorgho.

4.3 - DESHERBAGE

En raison de son développement très lent, le sorgho est, dès sa levée, menacé par des adventices. Par la suite, sa croissance rapide lui permet parfois de les concurrencer.

Néanmoins une ferme action de lutte contre les adventices doit être menée dans les 25 jours qui suivent le semis. En effet le phénomène de tallage auquel s'ajoutent les caractéristiques morpho-physiologiques ci-dessus me

tionnés, rendent impérieuse la minimisation des méfaits, des adventices sur le sorgho.

Cette lutte, comme pour le maïs, peut s'envisager à deux niveaux :

- au niveau cultural (labour, rotation, sarco-binages)
- au niveau chimique (utilisation des sésherbants du groupe des triazines : cf maïs).

4.4 - INSECTES ET MALADIES

Le sorgho subit actuellement peu d'attaques parasitaires ; mais il est susceptible de l'être par différents ennemis :

- au semis, des agents cryptogamiques tels que le Fusarium sp et le Colletotrichum graminicola peuvent provoquer la FONTE DES SEMIS
- au stade de la levée jusqu'à la pleine croissance on peut noter des attaques de :
 - . termites courtilières
 - . chenilles (sésamia)
 - . pucerons.
- au stade reproductif des dégâts peuvent être causés sur les panicules par
 - . le charbon (sphacélateca sorghi)
 - . les oiseaux (Ploceus, Passer) surtout au stade laiteux.

pour la lutte contre ces ennemis les mêmes méthodes prophylactiques préconisées pour le maïs, sont valables également pour le sorgho.

Sur le plan chimique il est préconisé :

- . l'emploi de fongicide pour les maladies cryptogamiques, (Benlate, Difolatan)
- . l'emploi d'insecticides (HCH, Basudine, Thimul).

Remarque : Le principal problème est en fait celui des oiseaux. A la station la culture est presque toujours faite sous filet, quand elle ne l'est pas les dégâts varient entre 40 et 90%.

En milieu paysan le problème n'est pas résolu car les techniques de protection (filet ou emmaillotage panicule par panicule) ne sont pas applicables.

5 - RECOLTE

5.1 - RECOLTE - SECHAGE

La maturité du sorgho intervient après 110 à 125 jours de cycle et les grains se laissent difficilement presser.

A ce stade, les grains titrent entre 25 et 35 % d'humidité et la conservation à cette période pose des problèmes.

Il s'agira dès lors de procéder au séchage dont le but est de rabaisser ce taux à 13% qui est le taux indiqué pour une bonne conservation.

La récolte se fait le plus souvent en épi, dans ce cas les panicules sont séchées dans un endroit aéré et protégé contre les prédateurs animaux et parasites (cribs, toits...)

Le battage qui suit peut se faire soit au fléau ou au pilon, soit à la dé cortiqueuse.

La conservation, au grenier ou en sac, doit se faire dans un endroit aéré protégé contre les rongeurs, oiseaux, champignons et insectes (charançons

5.2 - VALORISATION

Comme le maïs, le sorgho est utilisé presque entièrement :

- les grains sont utilisés pour l'alimentation humaine (farine, semoule) l'alimentation du bétail (grains, son).
- Ils sont également utilisés pour la fabrication de boisson (bière, sir

Les parties végétales quant à elles peuvent fournir :

- . de l'acide cyanhydrique et des balayettes à l'industrie.
- . du matériel domestique (clôture) et du fourrage pour le bétail.
- . des éléments minéraux par incorporation de matières organiques.

*

*

*