

LES SORGHOS FOURRAGERS (1)

LA TOXICITE DES SORGHOS FOURRAGERS ET LEUR CONSOMMATION EN VERT PAR LE BETAIL

Il serait du plus grand intérêt pour l'éleveur d'être assuré de pouvoir disposer pour son bétail pendant tout l'été d'une nourriture verte, bien consommée, nutritive et abondante, de manière à remédier au déficit habituel des prairies.

Cette alimentation peut être réalisée grâce à l'emploi des Shorgo, Sudan-grass, Sweet-Sudan, et hybrides entre Sorgho et Sudan, à la condition toutefois d'observer un certain nombre de prescriptions relativement simples.

En effet, *toutes ces graminées estivales renferment dans leurs parties vertes, en cours de croissance, un glucoside générateur d'acide cyanhydrique, dénommé dhurrine, qui dans certaines circonstances peut être présent en quantités suffisantes pour provoquer des empoisonnements, en particulier chez les ruminants.*

Origine de l'acide cyanhydrique chez les plantes du genre Sorghum.

L'acide cyanhydrique (HCN) libre, ou soluble, est fortement toxique pour les plantes. Il paraît donc raisonnable de conclure qu'une concentration élevée de ce poison dans les tissus végétaux ne peut prendre place qu'à travers la formation d'un composé insoluble et non toxique d'HCN.

Chez les plantes cyanogènes, dont on connaît plusieurs espèces, il peut s'agir d'un ou de plusieurs glucosides. Ceux-ci paraissent se former spécialement dans les tissus chlorophylliens, sous l'influence de la lumière qui intervient en favorisant la production des hydrates de carbone, indispensables à l'élaboration du composé cyanogéné.

Chez les Sudan-grass et Sorgho, ce glucoside est désigné sous le nom de *dhurrine*. Dans celle-ci, l'acide cyanhydrique se trouve combiné au glucose et à un phénol. Le glucoside, par hydrolyse en présence de l'émulsion d'une enzyme spéciale contenue dans la plante et analogue à l'émulsine des amandes amères, donne du glucose, de l'aldéhyde parabenzoïque et de l'acide cyanhydrique. Une très petite fraction de ce dernier peut toutefois exister à l'état libre ou non glucosidique dans les tissus de la plante vivante (à partir de plantes de Sorgho on a pu enregistrer des déperditions d'HCN dans l'atmosphère).

Suivant les théories de LEEMAN A.C. (1935), l'acide cyanhydrique se forme chez certaines plantes grâce à un type particulier de synthèse des protéines dans lequel l'azote absorbé sous forme de nitrates à partir du sol est transformé en HCN en tant que stade intermédiaire entre les nitrates et les acides aminés.

Aussi rapidement que se forme l'HCN, il se combine au glucose et à l'aldéhyde benzoïque pour former un glucoside non toxique qui ne s'accumule pas si les conditions sont favorables à une synthèse rapide et complète des protéines. Puisque l'azote est le constituant essentiel de l'HCN, il est probable que des quantités toxiques de composés cyanophoriques ne s'accumuleraient pas dans des plantes privées d'azote. Par ailleurs, si la plante ne reçoit pas une quantité convenable de phosphore assimilable, la formation de certaines protéines se trouve entravée, et l'accumulation des composés cyanophoriques peut être accrue.

Nature du glucoside.

Selon WORDEN (1940), cité par SMITH D.C. (1965), les glucosides générateurs de l'HCN sont des produits normaux intermédiaires du métabolisme de la plante convertissant les nitrates en protéines, ces glucosides pouvant être soit des réserves de sucre, des produits résiduels du métabolisme, des moyens de désintoxication ou des parties de mécanismes de défense (Mc ILROY, 1951).

La dhurrine, provenant de *Sorghum vulgare*, a été isolée et caractérisée par DUNSTAN W.R. et HENRY K.A. (dès 1902) ; sa formule chimique est la suivante :

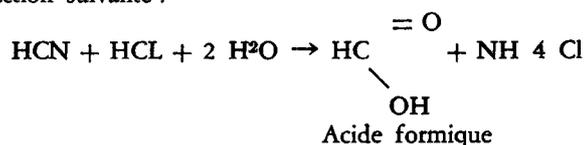


Effets de l'acide cyanhydrique sur les animaux.

Les diverses espèces d'animaux réagissent de façon différente à l'ingestion de plantes contenant des composés cyanophoriques, par suite de leur structure anatomique propre, et de leurs aptitudes différentes à se désintoxiquer.

Les plus sujets à l'empoisonnement sont les ruminants, bovins, ovins, car la panse et le rumen de ces animaux *n'ont une réaction ni assez fortement acide, ni assez alcaline* et abritent une vaste flore de microorganismes ainsi que des quantités considérables d'émulsions d'enzymes. Un tel terrain est éminemment favorable à l'hydrolyse du glucoside, d'où résulte la libération de l'agent toxique : l'acide cyanhydrique.

Chez les monogastriques : équidés, porcins, l'estomac a au contraire une réaction très acide, due à la présence de l'acide chlorhydrique. Celui-ci réagit avec l'acide cyanhydrique libéré pour former des substances moins toxiques, selon la réaction suivante :



Dès que HCN est libéré à partir du glucoside, son effet toxique est immédiat. HADLEY F.B. et KOZELKA F.L. (1935) ont établi que l'action spécifique de l'acide cyanhydrique sur l'animal est d'inhiber l'enzyme qui active l'oxygénation : l'indophénol oxydase. Il en résulte une diminution de l'énergie habituellement produite par l'oxygénation, puis une augmentation de la cadence et de la profondeur du rythme respiratoire, l'accroissement des pulsations, la diminution des réflexes, la manifestation de mouvements musculaires spasmodiques et enfin la mort.

MARTIN et al. (1938) ont observé que dans des troupeaux ayant consommé des plantes de Sorgho ou de Sudan-grass à forte teneur en HCN, certains animaux périssent ; d'autres sont malades mais en réchappent tandis que d'autres ne présentent aucun symptôme d'intoxication. Ces auteurs attri-

buent ces diversités de réaction au fait que certains animaux commencent par brouter les feuilles jeunes, les plus riches en HCN, et sont empoisonnés en quelques minutes, tandis que d'autres ingèrent principalement des tiges ou des épis peu riches en HCN, voient en même temps les effets toxiques de celui-ci contrebalancés dans une certaine mesure, variable d'ailleurs, par le glucose et les hydrates de carbone que renferment ces parties des plantes.

On a constaté que le bétail mis sur des Sorghos, ou sur des Sudan-grass à forte teneur en acide cyanhydrique, s'arrête généralement de pâturer au bout d'environ un quart d'heure, par suite du commencement de l'intoxication. Si les animaux ne sont pas trop affamés et sont en bon état de vigueur, ils peuvent cesser de s'alimenter avant d'avoir ingéré une dose fatale de toxique. Si au contraire ils sont affamés et en mauvais état de santé, ils sont alors beaucoup plus sujets à l'intoxication.

Doses toxiques.

Selon FROHNER, cité par PIEDALLU (1923), 0,500 g à 1 g d'HCN constitueraient une dose fatale pour le bétail, avec des variations plus ou moins grandes suivant l'état de santé de l'animal, son poids vif, la nourriture antérieurement consommée, l'état d'accoutumance à l'alimentation avec les plantes toxiques, etc...

D'après MORAN (1954), la dose létale minimum d'HCN pour les bovins serait de 2,042 mmg par kg de poids vif (soit pour une vache de 400 kg environ : 0,816 g) et pour les ovins 2,315 mmg (soit pour un mouton de 60 kg environ : 0,125 g).

D'une façon générale, cet auteur estime qu'un fourrage est dangereux lorsqu'il contient 20 mmg d'HCN pour 100 kg de végétal ou 200 mmg par kg de matière verte.

Suivant les teneurs en acide cyanhydrique du fourrage, on peut proposer l'échelle suivante de toxicité :

<i>Teneurs en HCN en mmg par 100 kg de matière sèche</i>	<i>Indication sur la toxicité</i>
0 à 25	très faible
25 à 50	faible
50 à 75	moyenne (douteuse)
75 à 100	forte (dangereuse)
100	très forte (très dangereuse)

D'après NELSON C.E. (1953), le Sudan-grass peut être pâturé sans danger jusqu'à une teneur de 500 parties par million (0,500 g par kg) de matière verte.

ORLOV V. (1964), en U.R.S.S., indique qu'au-dessous de 600 mmg par kg il n'y a pratiquement pas de danger pour le bétail.

Il a été établi que les chiens et les lapins sont capables de se désintoxiquer, à un taux d'environ 0,5 mmg de HCN par heure par livre de poids du corps, sans effets d'empoisonnement. En se basant sur ces chiffres, on a cru pouvoir indiquer qu'une vache de 435 kg pourrait assurer sa désintoxication à un taux d'environ 0,5 g de HCN par heure.

Cette capacité de désintoxication rend possible aux animaux l'ingestion de fourrage contenant de petites quantités d'acide cyanhydrique sans effets nocifs. C'est seulement lorsque le poison pénètre dans le courant sanguin à un taux plus élevé que celui de désintoxication de l'animal, que se produit l'issue fatale.

Diverses méthodes ont été utilisées pour la détermination des teneurs en acide cyanhydrique des plantes de Sorgho, dans le détail desquelles nous n'entrerons pas ici. Nous citerons seulement les méthodes de BOYD et TRUOG (1938), de EPSTEIN J. (1947) et de HOGG P.G. et AHLGREN H.L. (1942). Cette dernière étant la plus simple et la plus couramment employée.

Etude de l'influence de divers facteurs sur la teneur acide cyanhydrique des plantes de Sorgho

I. — Les facteurs du milieu.

WILLAMAIN et WEST (1916) ont dénoncé l'influence du *climat* sur la teneur en acide cyanhydrique des plantes.

La plupart des pertes de bétail par empoisonnement se constate dans les régions les plus septentrionales de la culture du Sorgho.

Aux Etats-Unis, on n'entend pour ainsi dire pas parler d'empoisonnements à la suite d'ingestion de Sorgho, de Sudan-grass, voire même de Sorgho d'Alep réputé pourtant pour sa toxicité, dans les Etats du Sud, en bordure du golfe du Mexique.

En Afrique, à Madagascar, le bétail broute en permanence des Sorgho, y compris les repousses, sans manifester d'intoxication (X..., 1965).

L'intensité de la lumière diurne a un effet assez nettement marqué sur l'accroissement du taux de l'acide cyanhydrique. Des prélèvements successivement effectués à diverses heures de la journée d'abord par ACHARYA C. NARASHIMA (1933) aux Indes, puis par BOYD et al. (1938) aux Etats-Unis, ont montré que les échantillons de plantes prélevés à 13 heures présentaient des teneurs en HCN significativement supérieures de l'ordre d'environ 30 % à ceux récoltés à 8 heures du matin ou à 19 heures (cf. fig. 31).

Dans la pratique, ces différences, dues à l'éclairement diurne, paraissent avoir peu d'importance pour les animaux, excepté peut-être dans le cas de pâturage intense des bordures de champs, plus exposées à la lumière, d'un Sorgho ou d'un Sudan dont le taux de toxicité en HCN se situerait déjà à la limite dangereuse.

La *sécheresse* produirait des effets controversés suivant les auteurs.

Pour ROGER et BOYD (1936), les Sudan-grass, fortement déprimés par la sécheresse, contiendraient moins d'HCN que ceux ayant poussé dans des conditions plus favorables.

MANGES (1935), au contraire, considère la sécheresse comme un facteur d'accroissement de l'acide cyanhydrique, par suite du retard qu'elle apporte dans le développement des plantes, au même titre que tout autre facteur déprimant tels que le froid, le piétinement, le flétrissement, des lésions, une coupe sévère, etc...

BOYD et al. (1938) constatent que si la sécheresse saisit des plantes jeunes, bien vertes, présentant un taux élevé en HCN, ce dernier peut persister parce que les plantes ne deviennent plus capables de sortir du stade de végétation où elles sont bien pourvues en toxique, mais la sécheresse ne provoque pas un accroissement de la teneur en HCN. La privation d'eau empêcherait probablement plus l'accessibilité aux plantes des phosphates que celle de l'azote.

Par contre, d'après COPELAND et FRAPS (1932), la sécheresse pourrait augmenter de 2,5 fois la teneur en HCN, en ralentissant la vitesse de croissance.

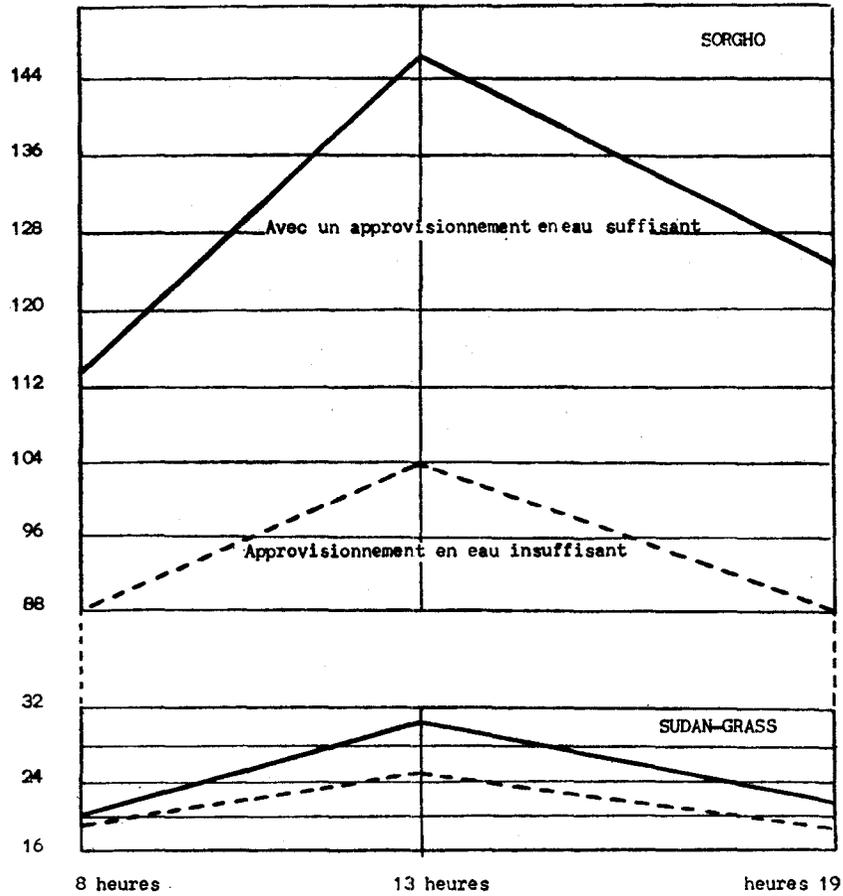
BRAITWHAITE (1952) a relevé une corrélation entre l'époque des semailles et le taux d'HCN dans les Sorghos. Ceux-ci semés tard, au moment de la saison sèche, demeurent courts, chétifs et sont plus dangereux que les plantes semées à une époque plus favorable.

De toutes les observations relatives aux effets de la sécheresse sur la teneur en acide cyanhydrique, il semble bien résulter, comme l'indiquent BOYD et al.

Fig. 31

VARIATION DIURNE DE LA TENEUR EN ACIDE CYANHYDRIQUE
DU SORGHO ET DU SUDAN-GRASS
POUR UNE HAUTEUR DES PLANTES D'ENVIRON 35 cm

mmg HCN pour 100 g
de matière sèche



(1938) que celle-ci agit surtout en maintenant les plantes à un stade jeune, donc avec un taux élevé de HCN. Cependant, si celles-ci, par suite de la sécheresse, parviennent à un point de flétrissement assez avancé, caractérisé par le jaunissement des feuilles, correspondant en somme à un fanage, la teneur en HCN peut régresser et la culture devenir apte à être pâturée (cf. fig. 32).

Le gel. Au sujet de l'influence du gel, ROGER et BOYD (1936) n'ont pas constaté d'accidents chez des animaux ayant consommé du Sorgho touché par le gel, bien que les plantes aient, avant la manifestation de celui-ci, présenté des teneurs relativement élevées en HCN.

Afin de prolonger la saison d'alimentation du bétail à l'extérieur, certains auteurs ont recommandé de laisser les plantes de Sorgho subir les premières gelées, puis de les faire pâturer. La technique permettant d'obtenir les meilleurs rendements pour l'ensemble de la saison consisterait dans ce cas à effectuer une coupe pour fourrage ou pour ensilage à un stade relativement précoce de la végétation — par exemple à l'épiaison — puis de laisser croître la repousse et la faire consommer sur pied après le gel.

Le fanage après la coupe paraît abaisser dans une certaine mesure la teneur en acide cyanhydrique. Comme généralement le Sudan n'est pas coupé pour le foin avant qu'il n'ait atteint une hauteur de 100 cm environ, ou plus (par suite du peu de rendement qu'on obtient à des stades plus jeunes), il y a peu de danger d'empoisonnement, les plantes étant alors peu pourvues en toxique. Si au contraire il est coupé tôt, à une hauteur faible et avec un taux de HCN élevé, l'herbe, même fanée, risque d'être dangereuse à consommer.

L'ensilage, réalisé en général avec des plantes à un stade proche de la maturité, ne présente pas dans ce cas de danger. Des auteurs ont indiqué qu'une partie de l'HCN (HCN libre) se dégageait et par suite se trouvait éliminée au cours des manipulations du silage précédant la consommation. Pour favoriser cette élimination, ils conseillent de pelleter le silage au moment de son apport à l'auge.

Les éléments nutritifs. La richesse, ou au contraire la carence du sol en éléments nutritifs assimilables paraissent avoir des effets diamétralement opposés sur la teneur en HCN des plantes.

MAXWELL, dès 1903, incriminait la quantité d'azote fournie aux plantes comme élément favorisant l'augmentation de cette teneur.

BOYD et al. (1938) ont nettement confirmé cette assertion (fig. 33) et ont mis en outre en évidence l'interaction des fumures azotées et phosphatées. Si la plante dispose dans le sol de quantités faibles d'azote et d'acide phospho-

Fig. 32

RELATIONS ENTRE LA HAUTEUR ET LA TENEUR
EN ACIDE CYANHYDRIQUE DES REPOUSSES VERT FONCE
ET JAUNATRE DU SUDAN-GRASS

mmg HCN pour 100 g
de matière sèche

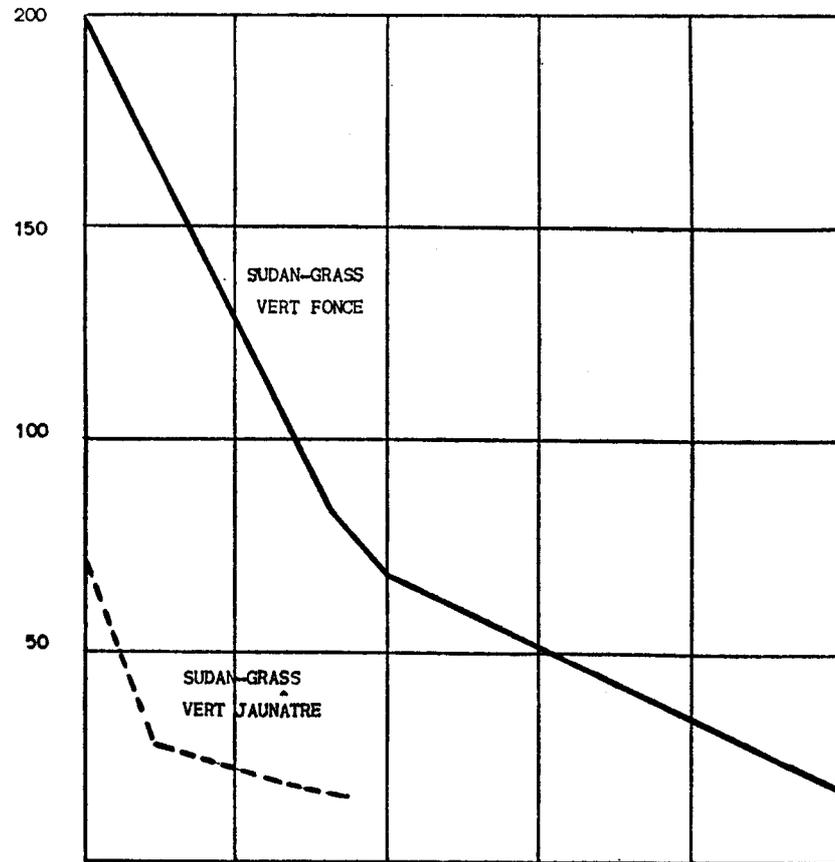
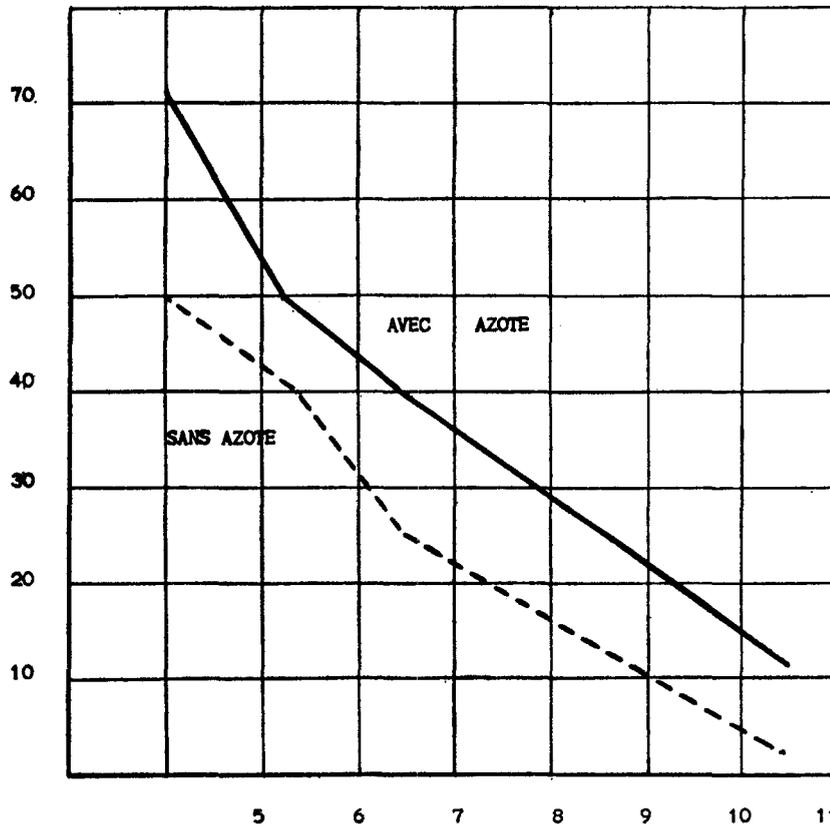


Fig. 33

TENEUR EN ACIDE CYANHYDRIQUE LORS DE DIFFERENTS STADES DE CROISSANCE DU SUDAN-GRASS AVEC OU SANS AZOTE

mmg HCN pour 100 g
de matière sèche



Semaines
après le semis

rique assimilables, sa teneur en toxique sera plus forte que dans le cas où le niveau serait bas en azote, mais accompagnée d'un niveau élevé d'acide phosphorique.

Si ce dernier est élevé et que d'autres facteurs favorables à la croissance du végétal se trouvent conjugués (température, humidité, ...), alors, la plante sera capable d'atteindre une hauteur de 70 à 100 cm, donc de franchir également les stades de végétation auxquels elle est toxique, pour parvenir à un stade auquel elle devient inoffensive.

La fertilisation phosphatée paraît donc avoir une influence marquée sur la diminution du taux de l'HCN chez les plantes de Sorgho. Voici d'ailleurs, à ce sujet, quelques chiffres fournis par BOYD et al. (1938) :

Sudan-grass cultivé sur sol très pauvre en P_2O_5 , mais bien approvisionné en tous autres éléments : 127 mmg HCN pour 100 g de matière sèche, 30 jours après le semis.

Le même Sudan-grass cultivé avec fertilisation complète : 36,3 mmg HCN pour 100 g de matière sèche, 30 jours après le semis.

Sorgho cultivé sans P_2O_5 : 427,5 mmg HCN pour 100 g de matière sèche, 6 semaines après le semis.

Le même Sorgho avec fertilisation complète : 25,3 mmg HCN pour 100 g de matière sèche, 6 semaines après le semis.

Ces chiffres paraissent éloquentes. Il y a lieu cependant de signaler que des essais réalisés récemment en Australie sur *Sorghum alnum*, analysé à 50 jours de végétation, ont montré que les fertilisations azotées ont un effet uniforme sur le niveau de l'acide cyanhydrique dans les plantes. Les apports d'acide phosphorique ont apparemment diminué le taux de l'HCN.

FRANZKE et HUME (1945) ont étudié l'influence, sur la teneur en HCN des plantes de Sorgho, de divers facteurs tels que la *fumure organique*, l'*humidité* ainsi que des *lésions* artificiellement provoquées ou naturelles. Ils concluent que le fumier de ferme diminue le taux de HCN par rapport à l'absence de fumure organique, probablement parce qu'il accélère la croissance du végétal. L'augmentation de l'humidité du sol abaisse le taux d'HCN, la plus grande diminution étant obtenue par la conjugaison des facteurs : fumure organique + humidité, probablement, comme l'indiquaient BOYD et al., par suite de l'accélération de la croissance du végétal.

Les lésions provoquées dans les tissus de ce dernier ont pour effet de ralentir le développement, et par suite de maintenir un taux élevé de HCN

dans la plante, et, plus particulièrement même, dans les pousses latérales, dont la sortie a été provoquée par les mutilations qu'elle a subies.

GORZELEWSKA et al. (1961) ont confirmé le rôle des nitrates dans la synthèse de l'HCN par les plantes.

KEITH HENDERSON et GREG O. HINZ (1963), à Akron (Colorado), ont indiqué récemment les relations suivantes entre divers apports de fumure azotée et la teneur en HCN chez divers Sorghos et Sudan-grass.

TENEUR MOYENNE EN HCN
(en mmg par kg de matière verte)
de plantes hautes de 40 à 45 cm

	0 Azote	20 Azote	40 Azote	Moyenne
Sudan Piper	161	134	222	172
Sudan Wheeler	346	380	326	351
Sweet-Sudan	370	366	367	368
Sorghum almum	410	458	433	433
Sorgho grain	460	454	508	474
(Combine Kafir 60)				

De l'étude de ces derniers auteurs, il apparaît que le facteur variétal est peut-être plus important encore que le facteur azote. Ce qui confirmerait les résultats des travaux australiens précédemment indiqués, relatifs au *Sorghum almum*.

II. — Les facteurs propres à la plante.

Il y a déjà longtemps que les teneurs les plus élevées en acide cyanhydrique ont été constatées chez les plantes les plus jeunes (MAXWELL, 1903).

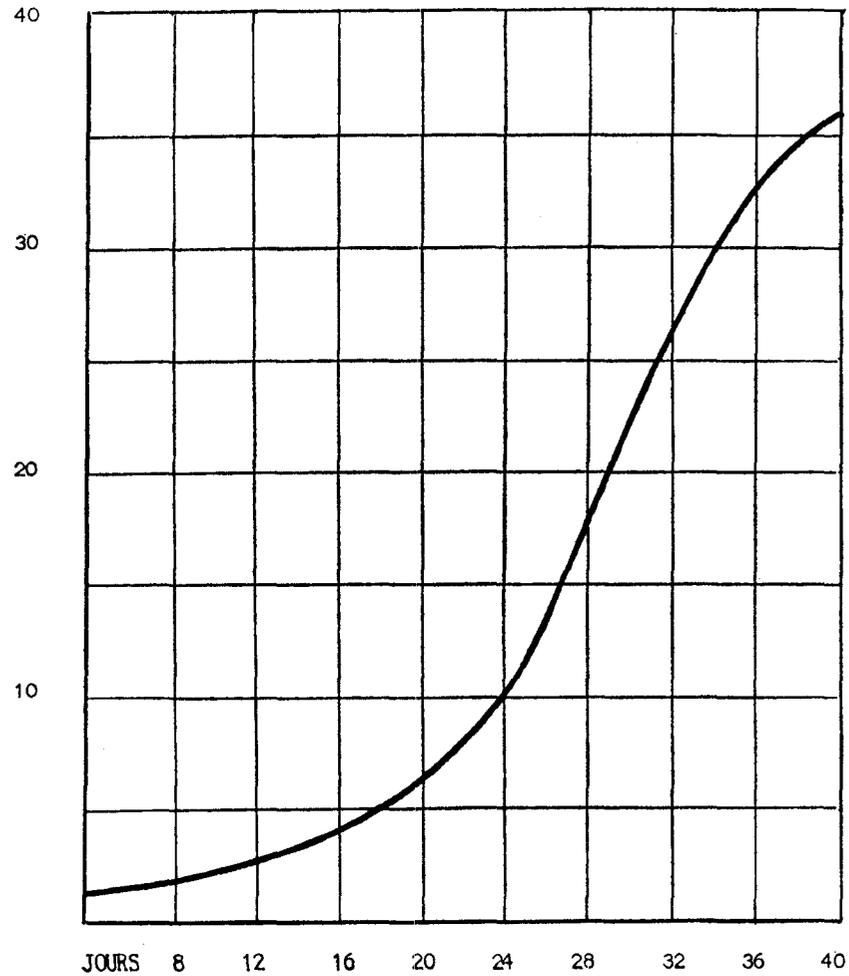
PIEDALLU (1923) a démontré que le grain de Sorgho mûr ne renfermait pas de dhurrine. Dès la germination il a suivi la manifestation de l'HCN : celle-ci est assez lente du 2^e au 14^e jour, elle croît ensuite rapidement jusque vers le 24^e jour, plus rapidement encore jusqu'aux environs du 34^e jour, la production ralentit ensuite (cf. fig. 34).

Ce même auteur a enregistré la production d'acide cyanhydrique en fonction de la hauteur de la plante. La teneur atteint un maximum de 500 mmg par kg de matière verte lorsqu'elle a une hauteur de 10 cm, puis elle s'abaisse

Fig. 34

AUGMENTATION DE LA TENEUR EN ACIDE CYANHYDRIQUE
AU COURS DES PREMIERS STADES DE LA VEGETATION
DU SORGHO

mmg HCN

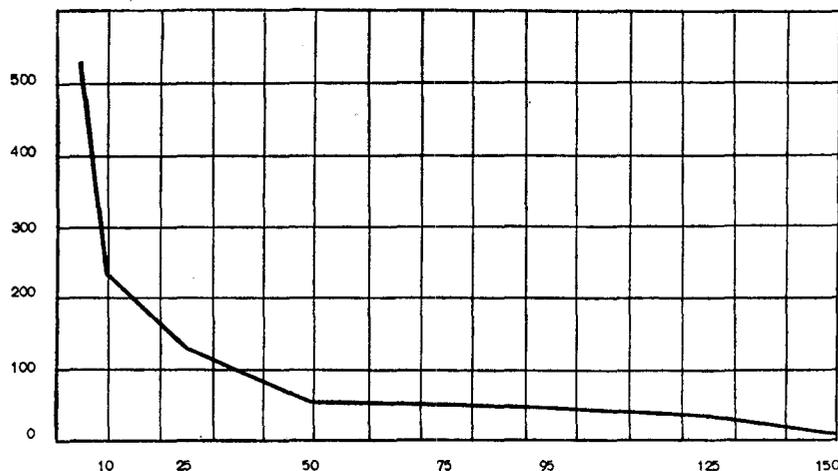


rapidement à 200 mmg pour une hauteur de 12 à 15 cm. Elle n'est plus que d'environ 100 mmg pour 25 cm ; puis peu à peu elle s'abaisse à 50 mmg pour une hauteur des plantes de 150 cm (cf. fig. 35).

Fig. 35

DIMINUTION DE LA TENEUR EN ACIDE CYANHYDRIQUE EN FONCTION DE LA CROISSANCE DE LA PLANTE DE SORGHO (SORGHO SUCRE HATIF DU MINNESOTA)

mmg HCN
Hauteurs cm



(d'après PIEDALLU A., 1923)

HINDMARSCH (1941) aboutit à un résultat analogue en suivant, en fonction de l'âge, l'évolution de l'acide cyanhydrique chez trois types de Sorgho, pour lesquels il indique les teneurs suivantes :

	Teneur exprimée en mmg par kg de plante verte				
	Age de la plante en jours				
	42	64	90	97	132
Sorgho hybride	90	120	40	30	0
Sudan-grass	300	220	130	200	0
70 Feterita	1.110	750	200	230	0

Pratiquement, le taux de HCN va en décroissant progressivement sauf accident au cours de la végétation, depuis une quarantaine de jours après le semis, jusqu'à la pleine épiaison, parfois même un peu auparavant. Ensuite, il paraît se stabiliser à un niveau minimum.

En ce qui concerne les *teneurs en HCN des différentes parties de la plante*, une étude importante a été réalisée par MARTIN J.H. et al. (1938) au Texas, au Nouveau Mexique, au Colorado et en Virginie (U.S.A.), en 1936 et 1937. En voici les résultats principaux :

Sur des plantes ayant atteint le stade du gonflement, la teneur des feuilles en acide cyanhydrique est de 3 à 25 fois celle des parties de la tige correspondante. Les épis et les gaines foliaires ne renferment que de petites quantités d'HCN. Les feuilles du sommet, donc, les plus jeunes, sont nettement plus riches que les inférieures — les plus âgées (cf. fig. 36).

Dans la feuille elle-même, c'est la moitié supérieure (moitié proximale) qui a une teneur plus élevée que l'inférieure (moitié distale). La teneur du limbe est d'environ cinq fois celle des nervures. La teneur des entrenœuds, de la tige, décroît progressivement de la partie supérieure vers la base de la plante. Les pousses axillaires, latérales, renferment plus de toxique que la tige principale et, dans la plupart des cas, les talles ou rejets sont plus riches en HCN que la tige principale (cf. tableaux LXXXIX, LXXXX et LXXXXI).

Influence de la variété sur le taux de HCN.

TABLEAU LXXXIX
TENEUR EN ACIDE CYANHYDRIQUE
(en mmg par kg de matière verte)
DE DIFFÉRENTES PARTIES DES PLANTES
DU SORGHO LEOTI(*) A DALHART (TEXAS) EN 1936
(*) Plantes âgées de 13 semaines (après le semis). Hauteur 70 cm, épiées, fortement flétries.

<i>Parties de la plante</i>	<i>HCN (mmg)</i>	<i>Parties de la plante</i>	<i>HCN (mmg)</i>
1 ^{re} feuille (sommet)	186	Pédoncule de l'épi	39
2 ^e feuille	183	2 ^e et 3 ^e entrenœuds	46
3 ^e feuille	145	4 ^e entrenœud	28
4 ^e feuille	128	5 ^e entrenœud	17
5 ^e feuille	98	6 ^e entrenœud	16
6 ^e feuille	73	7 ^e entrenœud	29
Les 3 gaines supérieures..	36	8 ^e entrenœud	24
4 ^e et 5 ^e gaines	28	9 ^e entrenœud	16
Épis	21	Plante entière	84

Fig. 36

SCHEMA D'UNE PLANTE DE SORGHO MONTRANT LES TENEURS
DIFFERENTES EN HCN DES DIVERSES PARTIES

(en mmg pour 100 g de matière verte)

(d'après MARTIN J.-H. et al., 1938)

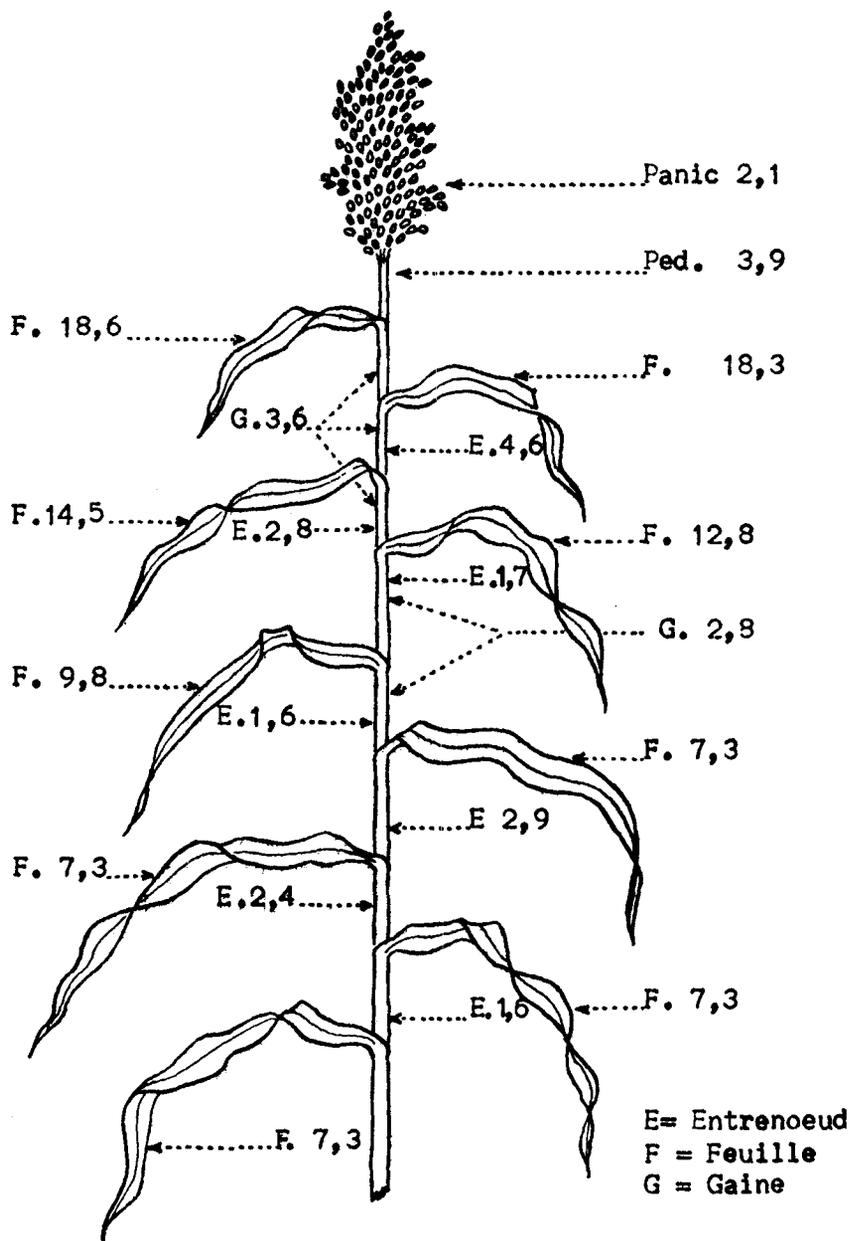


TABLEAU LXXXX
TENEUR EN ACIDE CYANHYDRIQUE
 (en mmg par kg de matière verte)
DE DIFFERENTES PARTIES DES PLANTES
DE SORGHO HEGARI (*) A TUCUMCARI (NOUVEAU-MEXIQUE)
 EN 1937
 (d'après MARTIN J.-H. et al., 1938)

<i>Parties de la plante</i>	<i>HCN (mmg)</i>	<i>Parties de la plante</i>	<i>HCN (mmg)</i>
1 ^{re} feuille (sommet)	394	Pédoncule de l'épi	110
2 ^e feuille	473	2 ^e entrenœud	46
3 ^e feuille	523	3 ^e entrenœud	35
4 ^e feuille	560	4 ^e entrenœud	30
5 ^e feuille	503	5 ^e entrenœud	26
6 ^e feuille	467	6 ^e entrenœud	21
7 ^e feuille	519	7 ^e entrenœud	23
8 ^e feuille	515	8 ^e et 9 ^e entrenœuds	22
9 ^e feuille	481	10 ^e et 11 ^e entrenœuds . . .	24
10 ^e feuille	429	Entrenœuds de la base	15
11 ^e feuille	336	Plante entière	291
12 ^e feuille	275	Epi	141
13 ^e feuille	190		

(*) Plantes succulentes. Hauteur 105 cm, épiées.

TABLEAU LXXXXXI
TENEUR EN ACIDE CYANHYDRIQUE
DE DIFFERENTES PARTIES DE LA FEUILLE DE SORGHO
A ARLINGTON (VIRGINIE) EN 1936

<i>Variété</i>	<i>Parties de la feuille</i>	<i>HCN en mmg par kg de matière verte</i>
Hegari	Feuille entière.	124
Hegari	Même feuille, moins la nervure principale.	143
Hegari	Nervure principale.	24
Hegari	Moitié distale de la feuille.	67
Hegari	Moitié proximale de la feuille.	162

De nombreuses études relatives à l'influence de la variété sur la teneur en acide cyanhydrique des plantes ont été effectuées.

Suivant FAVERO (1953), ce sont les variétés de petite taille, qu'il s'agisse de Sorgho ou de Sudan-grass, qui contiennent le plus de HCN. HINDMARSCH (1941) a décelé chez le Sorgho Feterita des teneurs dix fois supérieures à celles du Sudan-grass, pour un même âge des plantes, de 42 jours. COLEMAN, en 1933, avait d'ailleurs déjà attiré l'attention sur le fait que, d'une manière générale, les Sorghos contenaient au moins deux fois plus de HCN que les Sudan-grass.

Pour quatre variétés de Sudan-grass soumises par ailleurs à diverses époques de coupe à la Station expérimentale agricole du Nebraska, on a enregistré les teneurs suivantes en acide cyanhydrique (exprimées en mmg par kg de matière sèche) (cf. tableau LXXXXII). Il s'agit de cinq coupes effectuées successivement sur la même parcelle.

TABLEAU LXXXXII
VARIATIONS DE LA TENEUR EN HCN(*)
SUIVANT LA VARIETE ET L'EPOQUE DE LA COUPE
(NEBRASKA)

(*) Exprimée en mmg par kg de matière sèche.

<i>Variétés</i>	<i>28 juin</i>	<i>22 juillet</i>	<i>12 août</i>	<i>2 septembre</i>	<i>19 octobre</i>	<i>Moyenne</i>
Sudan Piper	815	438	463	216	112	391
Sudan Wheeler	1 341	772	840	513	273	707
Sudan Greenleaf	1 668	1 109	1 057	535	228	879
Sweet-Sudan 370	1 857	1 307	1 343	870	721	1 184

On constate, d'une part de grandes différences de teneurs en HCN selon la variété, et d'autre part une évolution de la teneur pendant la saison, se traduisant par une baisse assez régulière.

D'après WILLAMAN J.J. et WEST R.M. (1916), les différences variétales sont probablement davantage responsables du taux de l'HCN que les conditions de la croissance.

**L'hérédité du caractère : teneur en acide cyanhydrique
de la plante - son étude en vue de l'amélioration.**

74 COLEMAN et ROBERTSON (1938) ont montré que les différences de teneurs en HCN entre plusieurs lignées de Sudan-grass étaient héréditaires.

Ils ont noté quelques corrélations entre teneur élevée d'une part et d'autre part l'absence de pruinosité des feuilles, la pigmentation pourpre des extrémités des feuilles des plantules.

SCHIEBLICH (1938) a constaté également des différences du taux de l'HCN entre diverses lignées autofécondées de Sudan-grass, il a suggéré qu'une basse teneur en HCN pouvait être un caractère récessif.

C'est la constatation que FRANZKE, PUHR et HUME (1939) ont faite aussi chez le Sorgho : le caractère faible teneur en HCN est récessif, et les ségrégations en F₂ et en F₃ indiquent qu'il se trouve sous la dépendance de seulement un ou deux gènes majeurs, avec cependant peut-être un certain nombre de modificateurs.

L'hérédité du taux d'acide cyanhydrique a été recherchée chez le Sudan-grass par HOGG et AHLGREN (1943), en réalisant onze croisements entre lignées de Sudan-grass à teneur faible et à teneur élevée.

Les plantes F₁ testées en serre étaient généralement intermédiaires entre les parents pour l'HCN. Les F₂ se classaient aux environs de la moyenne entre les parents. Dans cinq cas sur onze, le niveau HCN du plus faible parent n'était pas atteint. Dans cinq cas, le niveau HCN du parent le plus fort a été dépassé.

La population globale de 890 plantes présentait une distribution voisine de la courbe normale, ne montrant aucune tendance à la bimodalité.

Dans quatre croisements entre parents à faible teneur, la distribution en F₂ était sensiblement la même que celle des parents. L'augmentation de vigueur (due à l'hétérosis) en F₁ et F₂ n'était pas accompagnée par un accroissement de la teneur en HCN.

Tous les résultats donnent à penser que la teneur en acide cyanhydrique est héréditaire, mais qu'elle est vraisemblablement sous la dépendance de plus d'une seule paire de gènes.

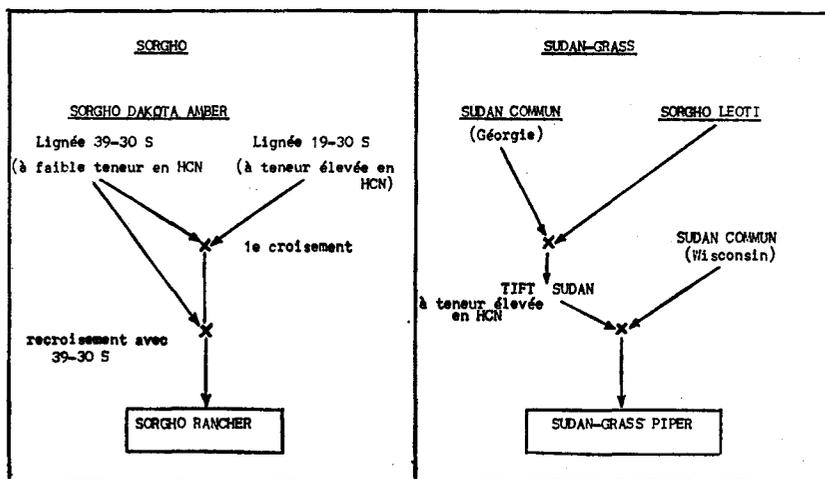
Possibilités d'amélioration des Sorghos et Sudan-grass par obtention de lignées à faible teneur en acide cyanhydrique.

Chez vingt lignées autofécondées de Sudan-grass testées par HOGG et AHLGREN (1943), ces auteurs obtinrent une réduction marquée de la vigueur végétative, et encore plus, de la production des graines. Par sélection continue cependant, il leur a été possible d'obtenir des lignées à faible teneur en HCN tout en conservant une bonne vigueur de la végétation.

D'ailleurs des exemples de réalisation de variétés à faible taux d'acide cyanhydrique nous sont donnés par le Sorgho *Rancher*, et par le Sudan *Piper*, dont nous indiquons les schémas des processus d'obtention dans la figure 37.

Fig. 37

EXEMPLES SCHEMATISES DE L'OBTENTION DE VARIETES A FAIBLE TENEUR DES PLANTES EN ACIDE CYANHYDRIQUE



Ce dernier Sudan-grass peut être considéré comme étant actuellement le type présentant le plus faible niveau en HCN.

A partir d'un croisement entre *Sudan commun* (en Géorgie, U.S.A.) et *Sorgho Léoti*, un individu résultant de l'hybridation a été recroisé avec le *Sudan*, une sélection en a été tirée : le *Tift Sudan*, qui présente des caractères morphologiques intermédiaires entre ceux du *Sudan* et ceux du *Sorgho*. Mais sa teneur en HCN étant en moyenne deux fois supérieure à celle du *Sudan commun*, on l'a recroisée avec un *Sudan commun* à la Station expérimentale du Wisconsin, où elle a donné la variété de *Sudan Piper*. Celle-ci est hétérogène pour la couleur des plantes et des glumes. Elle présente une grande finesse des tiges et des feuilles, une remarquable aptitude de repousse après la coupe et enfin une teneur en acide cyanhydrique très faible qui en permet la consommation en vert à peu près à tous les stades de la végétation.

La variété Trudan 1, obtenue par hybridation, entre deux lignées de Sudan, présente des caractères voisins de ceux de *Piper* tant pour la végétation que pour le taux de l'acide cyanhydrique, avec un potentiel de rendement fourrager supérieur à celui du Sudan *Piper*.

**Etudes relatives aux teneurs en acide cyanhydrique
des plantes de Sorgho Sudan-grass,
Sweet-sudan et Hybrides Sorgho × Sudan effectuées
par la Station d'Amélioration
des Plantes de Montpellier, de 1963 à 1965.**

Ces études ont été réalisées sur du matériel végétal provenant de collection et d'essais comparatifs cultivés à *Montpellier* à l'irrigation sur le *Domaine de Lavalette*, ou en sec, sur le *Domaine* même de l'*Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier*.

Méthode.

La méthode utilisée pour les déterminations des teneurs en HCN est celle de HOGG et AHLGRÉN. (Voir : *Ann. Amélior. Plantes* 1966, 16 (4) 423-451.)

Echantillonnage.

Tous les échantillons ont été prélevés sur la partie médiane du limbe (à l'exclusion de la nervure centrale) de la dernière feuille étalée, celle-ci étant caractérisée par le taux en HCN le plus élevé de toutes les parties de la plante. On obtient ainsi une valeur de la teneur en HCN probablement assez supérieure à celle qui résulterait d'un échantillonnage complet, intéressant la plante entière. Nous considérons qu'il est plus prudent d'indiquer des teneurs excessives en toxique, que des niveaux trop faibles, étant donné qu'il s'agit de plantes destinées à être consommées.

Résultats et Conclusions.

1° Ce sont en général les types les plus précoces, ceux dont la végétation atteint le plus rapidement un stade avancé, qui présentent les teneurs en acide

cyanhydrique les moins élevées : ce sont les *Sudan-grass*, *Commun* et *Piper*. Ces derniers semblent peu dangereux pour la consommation en vert, aux stades auxquels ont été effectués les prélèvements. Par contre, des teneurs nettement plus fortes se constatent chez *Saturno* et chez *Satiro* (tableau LXXXXIII).

Si dans l'ensemble les Sweet-Sudan paraissent un peu plus riches en HCN que les Sudan-grass, on constate cependant parmi eux des différences parfois sensibles, en relation majeure toujours, semble-t-il, avec la précocité (les plus tardifs, dont : *Sorghum vulgare Giza 3* et *Gentile*, étant les plus riches en HCN).

2° Les hybrides *Sorgho* × *Sudan* présentent des teneurs en HCN assez voisines de celles des Sweet-Sudan (*Sordan* et *Grazer*) ou supérieures (*Hybar M.V. 301*, hybride provenant de la Station de Martonvasar, en Hongrie, qui par ailleurs possède des caractères végétatifs qui le rapprochent davantage des Sorghos que des Sudan).

3° Dans le cas d'analyses de feuilles situées à divers étages, d'une même plante, les taux de HCN les plus élevés ont toujours été enregistrés sur les feuilles supérieures.

En 1964, nos analyses ont porté uniquement sur les types paraissant les plus intéressants pour la consommation en vert, c'est-à-dire Sudan-grass, Sweet-Sudan et hybrides *Sorgho* × *Sudan*. Les échantillons ont été prélevés dans des essais destinés à comparer le comportement et le rendement de ces divers types suivant divers modes d'exploitation, d'une part à l'irrigation, d'autre part en culture sèche (cf. tableaux LXXXXIV A et B). Les analyses ont fait l'objet de quatre à neuf répétitions.

On peut en tirer les conclusions suivantes :

A) En ce qui concerne les plantes cultivées à l'irrigation et avec apports azotés.

Les analyses effectuées sur la *première pousse* montrent :

1° Une diminution progressive de la teneur en HCN depuis le stade 40 cm de hauteur des plantes (premiers prélèvements) jusqu'au stade du grain laitieux. Le niveau de l'HCN étant très bas à ce dernier stade, les échantillonnages réalisés au stade suivant, du grain pâteux (derniers prélèvements), n'ont pas permis d'enregistrer de degré plus bas.

2° Lors des premiers stades : 40 cm et 80 cm de hauteur des plantes, on observe entre les variétés des différences assez nettes de teneurs en HCN ;

TABLEAU LXXXIII

TENEURS EN ACIDE CYANHYDRIQUE DE DIVERS TYPES
DE SORGHOS FOURRAGERS DETERMINEES AUX STADES
DU GONFLEMENT A DEBUT D'EPIAISON A MONTPELLIER
EN 1963

(Moyennes de 9 déterminations pour la plupart des variétés)

Variétés	Provenance	Teneur en HCN en mmg par kg de matière verte
<i>Sudan-grass :</i>		
Piper certifié	1	inférieure à 33
Piper	2	id.
Piper	3	id.
Sorghum Sudanense	5	id.
Sudan-grass 8022	3	id.
Menu Sudan Commun	1	id.
Menu Sudan Commun	2	id.
P.B. Bari	3	id.
Saturno	3	inférieure à 132
Satiro	3	132
<i>Sudan × Sudan :</i>		
Trudan I	4	33
<i>Sweet-Sudan :</i>		
Sweet-Sudan	7	inférieure à 33
Sweet-Sudan	8	id.
Sweet-Sudan	1	id.
Sweet-Sudan	2	id.
Sweet-Sudan	10	inférieure à 66
Sweet-Sudan	8	id.
Sweet-Sudan	3	id.
Auge-Grass	1	id.
Aegyptian wheat	3	id.
Sorghum vulgare Giza 3	3	132
Gentile	3	inférieure à 265
<i>Hybrides Sorgho × Sudan :</i>		
Sordan	4	66
Grazer	6	66
Hybar MV 301	9	132
<i>Sorgho Fourragers Hybrides :</i>		
Alamo	6	66
Beefbuilder	6	66
<i>Divers :</i>		
Sorghum almum	2	66
Sorghum halepense	spontané	66

Légende des provenances

1. Etablissements Genest 1962 ; 2. *id.* 1963 ; 3. Station d'Elvas (Portugal) 1962 ;
4. Etablissements Tourneur 1963 ; 5. F.A.O. 1956 ; 6. Asgrow (Italie) 1963 ; 7. Coopé-
rative Agricole Lauragaise 1957 ; 8. G.N.I.S. 1957 ; 9. Station de Martonvásár (Hongrie)
1963 ; 10. Etablissements Laugier 1963.

TABLEAU LXXXIV
TENEURS EN ACIDE CYANHYDRIQUE DE DIVERS SUDAN-GRASS,
SWEET-SUDAN ET HYBRIDES SORGHO × SUDAN, A DIFFERENTS
STADES DE LEUR VEGETATION, EN CULTURE SECHE OU IRRIGUEE,
A MONTPELLIER, EN 1964

A. — En culture irriguée

Variétés	Teneurs en HCN en mmg par kg de matière verte						
	Première pousse					Repousse à 0,80 cm	
	Hauteur 0,40 cm	Hauteur 0,80 cm	Hauteur 120 à 150 cm à déb. épi	Grain laiteux	Grain pâteux	Fraîche	Fanée 24 h
Sudan Piper	66	66	66	< 66	< 66	66	< 66
Trudan I	79	79	79	< 66	< 66	115	66
Sweet-Sudan	99	79	79	< 66	< 66	216	132
Sorghum alnum	132	132	99	< 66	< 66	> 330	132
Sudax Sx 11	132	132	99	< 66	< 66	132	132
Grazer	132	115	99	< 66	< 66	132	132

B. — En culture sèche

Variétés	Teneurs en HCN en mmg par kg de matière verte						
	Première pousse				Talles secondaires		
	Hauteur 0,20 cm	Hauteur 0,40 cm	0,80 cm ou gonfle	100 cm ou épiaison	0,80 cm fraîches	0,80 cm fanées	
Sudan Piper	66	66	66	< 66	66	< 66	
Trudan I	66	66	66	< 66	—	—	
Sweet-Sudan	79	79	79	< 66	79	< 66	
Sorghum alnum	200	132	99	66	155	99	
Sudax Sx 11	125	99	79	66	—	—	
Grazer	79	79	79	66	99	66	

l'échelle est la suivante : au niveau le plus bas, le Sudan *Piper* ; puis ensemble *Trudan 1* et *Sweet-Sudan*, enfin *Sorghum alnum*, avec les hybrides *Sorgho* × *Sudan*. Au stade début laiteux du grain, les différences disparaissent.

Les analyses effectuées sur la *repousse après coupe* indiquent d'une façon générale des taux d'HCN plus élevés que sur la pousse principale lorsque celle-ci avait la même hauteur (80 cm), sauf pour *Piper* et les hybrides

Sorgho × *Sudan* ; par contre, *Sweet-Sudan* et surtout *Sorghum almum* présentent une très forte augmentation du toxique dans la repousse.

Lorsque les repousses sont soumises à un fanage naturel pendant vingt-quatre heures, les teneurs en HCN subissent un léger abaissement, en particulier chez les types qui présentaient les teneurs les plus élevées (*Sweet-Sudan* et *Sorghum almum*).

B) En ce qui concerne les plantes cultivées en sec, et sans azote.

Les analyses effectuées sur la *première pousse* mettent en évidence :

1) d'une part, le même phénomène que dans le cas des plantes cultivées à l'irrigation, à savoir : la diminution du taux d'HCN depuis les premiers stades de la végétation vers les stades adultes, pour descendre à un taux très bas dès l'épiaison ;

2) d'autre part, des différences aussi, entre les types, qui vont en s'atténuant avec l'âge des plantes. C'est toujours et surtout le *Sorghum almum* qui présente le taux de HCN le plus élevé.

Sur les *talles secondaires* (il ne s'agit pas ici de repousse), prélevés alors que la pousse principale atteignait les stades adultes, les teneurs ne sont pas plus élevées que sur cette dernière lorsqu'elle avait la même hauteur. La teneur la plus forte se constate toujours chez *Sorghum almum*.

Chez les talles une fois fanées pendant vingt-quatre heures on enregistre une diminution du niveau du toxique.

C) Si on compare, sur les mêmes variétés et à un stade identique de la végétation, les teneurs en HCN dans les deux situations : *culture irriguée avec apports azotés* et *culture en sec et sans azote*, on ne constate pas de différences sensibles, excepté peut-être pour les hybrides *Sorgho* × *Sudan* dont les niveaux de toxique paraissent un peu plus faibles en culture sèche.

En 1965, l'étude a porté sur des plantes de six types de Sudan-grass et de *Sweet-Sudan* et cinq hybrides *Sorgho* × *Sudan*, cultivés à l'irrigation et soumis à trois modes d'exploitations :

R₁ : coupes successives à 40 cm de hauteur (quatre ou cinq exploitations) ;

R₂ : coupes successives à 80 cm de hauteur (trois exploitations) ;

R₃ : coupes successives, la première à 80 cm de hauteur, la deuxième au stade début pâteux du grain (deux exploitations).

Les modes d'exploitation R₁ et R₂, ainsi que R₃ en première coupe, correspondant à des exploitations par pâturage, R₃ en deuxième coupe, à une récolte pour l'ensilage.

Les teneurs en HCN des variétés aux différentes coupes sont rapportées dans le tableau suivant (cf. tableau LXXXXV).

Les constatations essentielles peuvent se résumer ainsi :

1) Pour l'ensemble des variétés, il y a diminution des teneurs en HCN des plantes de la première à la dernière coupe de chacun des modes d'exploitation, alors même qu'il s'agit de plusieurs repousses successives.

2) Le fait d'exploiter à 80 cm de hauteur (première coupe de R₂) au lieu de 40 cm (première coupe de R₁) diminue sensiblement le niveau du toxique dans les plantes, de 35 % environ pour les *Sudan* et *Sweet-Sudan*, de 45 % environ pour les hybrides *Sorgho* × *Sudan*.

3) A toutes les coupes de tous les modes d'exploitation, les teneurs en HCN sont un peu plus élevées chez les hybrides *Sorgho* × *Sudan* que chez les *Sudan*, comme l'indique nettement le tableau ci-dessous (tableau LXXXXVI), ainsi que les trois diagrammes qui font suite (fig. 38.1, 38.2, 38.3).

TABLEAU LXXXXVI
TENEURS RELATIVES P. CENT EN ACIDE CYANHYDRIQUE
Modes d'exploitation

	R ₁				R ₂			R ₃
	1 ^{re} coupe	2 ^e coupe	3 ^e coupe	5 ^e coupe	1 ^{re} coupe	2 ^e coupe	3 ^e coupe	1 ^{re} coupe
<i>Teneurs relatives HCN p. cent des Sudan et Sweet-Sudan</i>	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>des hybrides Sorgho × Sudan</i>	197	196	197	183	205	106	431	205

CONCLUSIONS

Le travail de détermination des teneurs en acide cyanhydrique des plantes de divers types de Sorgho fourragers exploités à différents stades de leur développement, effectué par la Station d'Amélioration des Plantes de Montpellier, confirme, par ses résultats, les observations réalisées dans d'autres pays.

TABLEAU LXXXXV

TENEURS EN ACIDE CYANHYDRIQUE DES PLANTES DE DIVERS SUDAN,
SWEET-SUDAN ET HYBRIDES SORGHO × SUDAN, SUIVANT DIVERS MODES
D'EXPLOITATION, A L'IRRIGATION, A MONTPELLIER, EN 1965
Teneurs en HCN exprimées en mmg par kg de matière verte

Variétés	R ₁ : coupes à 0,40 cm				N ₂ : coupes à 0,80 cm			R ₃	
	1 ^{re} coupe	2 ^e coupe	3 ^e coupe	5 ^e coupe	1 ^{re} coupe	2 ^e coupe	3 ^e coupe	1 ^{re} coupe	2 ^e coupe
<i>Sudan et Sweet-Sudan :</i>				< 16					
Sudan commun	99	62	25	< 16	54	33	—	54	< 16
Sudan Piper certifié	91	49	17	20	50	33	—	50	< 16
Sorghum Sudanense (FAO)	99	74	25	< 16	58	33	17	58	—
Trudan I	66	41	17	< 16	54	33	—	54	—
Trudan II	66	41	17	< 16	50	38	< 16	50	—
Sweet-Sudan	166	106	17		115	87	—	115	—
<i>Hybrides Sorgho × Sudan :</i>				20					
1220 GPV	140	62	46	—	62	38	—	62	—
Sordan	191	90	41	—	107	38	—	107	—
Sudax Sx 11	174	166	70	—	142	50	66	142	—
Grazer	257	141	58	41	91	38	66	91	—
Hybar MV 301	200	149	66	—	149	64	82	149	—

Fig. 38-1

COMPARAISON DES TENEURS EN ACIDE CYANHYDRIQUE
DE LA DERNIERE FEUILLE DE DIVERS SUDAN-GRASS
ET HYBRIDES SORGHO X SUDAN LORS DE COUPES SUCCESSIVES
A 80 cm DE HAUTEUR DES PLANTES, A LAVALETTE-MONTPPELLIER
(1965)

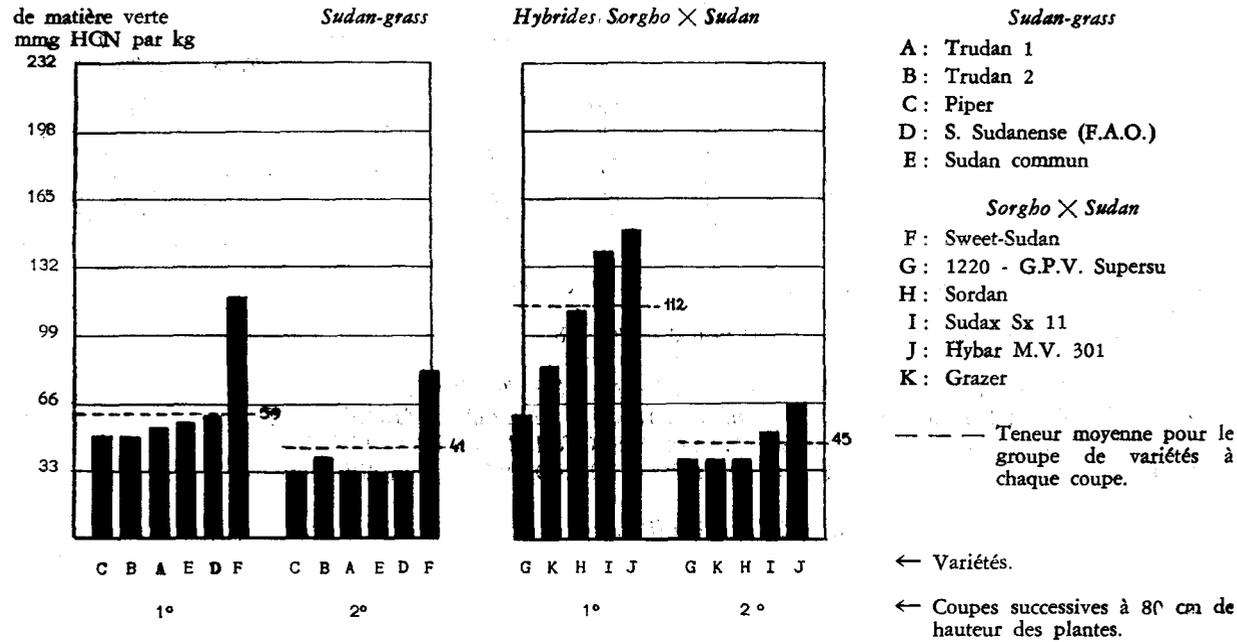
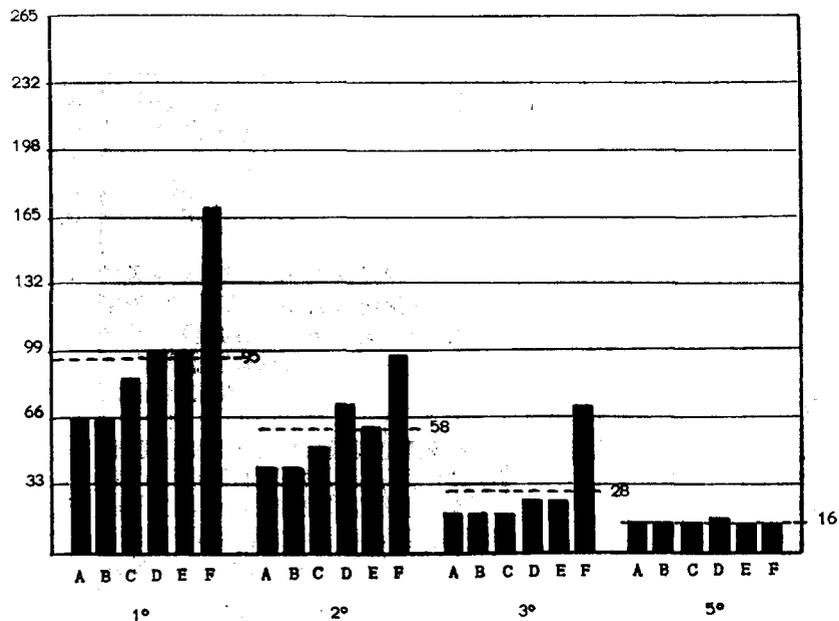


Fig. 38-2

COMPARAISON DES TENEURS EN ACIDE CYANHYDRIQUE DE LA DERNIERE FEUILLE DE DIVERS SUDAN-GRASS LORS DE COUPES SUCCESSIVES A 40 cm DE HAUTEUR DES PLANTES, A LAVALETTE-MONTPPELLIER, EN 1965

mmg HCN par kg de matière verte



- A : Trudan 1
- B : Trudan 2
- C : Piper
- D : Sorghum Sudanense (F.A.O.)
- E : Sudan commun
- F : Sweet-Sudan

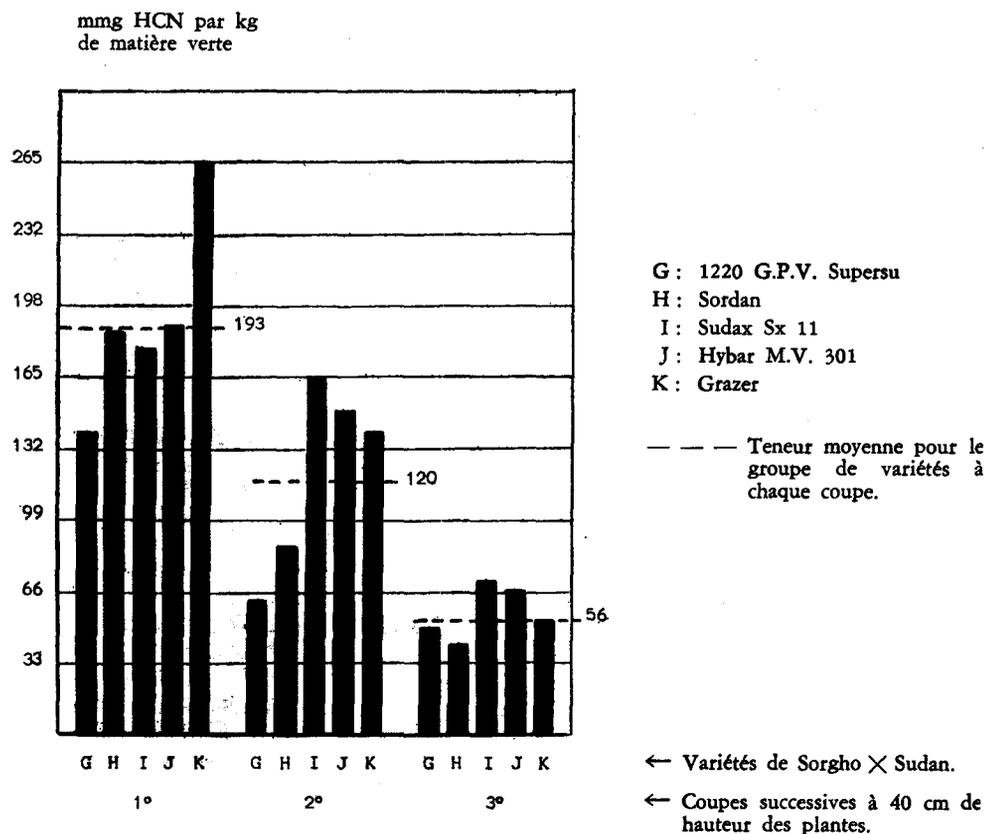
--- Teneur moyenne pour le groupe de variétés à chaque coupe.

← Variétés de Sudan-grass.

← Coupes successives à 40 cm de hauteur des plantes.

Fig. 38-3

COMPARAISON DES TENEURS EN ACIDE CYANHYDRIQUE
DE LA DERNIERE FEUILLE DE DIVERS HYBRIDES
SORGHO × SUDAN-GRASS LORS DE COUPES SUCCESSIVES
A 40 cm DE HAUTEUR DES PLANTES
A LAVALETTE-MONTPELLIER, EN 1965



La méthode d'analyse utilisée n'est certes pas nouvelle, elle a fait ses preuves depuis déjà un certain nombre d'années, notamment en France pour la détermination des teneurs en acide cyanhydrique des plantes de Trèfle blanc (*Trifolium repens L.*).

Dans le cas des Sorghos fourragers, elle constitue un bon instrument, d'emploi aisé, permettant de tester des lignées en cours de sélection, dès leurs premiers stades de développement, même si leurs teneurs en toxique sont relativement peu élevées.

De toute manière, les résultats ne peuvent faire l'objet d'interprétation directe quant à l'alimentation du bétail, d'une part parce qu'ils ne sont pas représentatifs des teneurs en toxique des plantes entières (à ce point de vue ils offrent cependant une certaine garantie parce que obtenus sur les parties des plantes les plus riches en HCN), d'autre part à cause de l'individualité biologique de l'animal consommateur.

C'est pourquoi il y a lieu d'observer les prescriptions d'ordre pratique que nous donnons ci-après.

**Précautions à observer dans l'emploi
pour la consommation en vert par le bétail
des Sorghos, Sudan-grass, Swett-sudan et Hybrides Sorgho × Sudan.**

Coupées ou pâturées aux premiers stades de la végétation, ces plantes n'offrent que des rendements relativement bas en matière sèche, mais donnent une herbe plus digestible, plus nutritive par suite d'une teneur plus élevée en protéines et acides aminés, qu'à des stades plus avancés. Très appréciée par les animaux, elle est rafraîchissante et vient à une époque de l'année où les prairies sont déficitaires du fait de la sécheresse.

L'emploi en vert de ces plantes fourragères présente donc un très grand intérêt et est à recommander dans les fermes d'élevage.

Cependant, afin d'éviter le plus possible les risques de perte de bétail par empoisonnement dû au principe toxique que renferment les plantes à des taux plus ou moins élevés aux stades jeunes de la végétation, il y a lieu de mettre toutes les chances de son côté et d'observer un certain nombre de prescriptions que nous allons passer en revue. Celles-ci s'appliquent avec plus ou moins de rigueur à toutes les catégories de ces fourrages d'été.

1) Avant même l'établissement de la culture, dans les régions sèches en été et où on ne dispose pas de l'irrigation, pour assurer la conservation de l'eau dans le sol, on devra dans toute la mesure du possible effectuer les *labours avant ou pendant l'hiver*. Ces labours devront être suivis avant le semis de façons culturales destinées à la fois au maintien de l'humidité et à la destruction des mauvaises herbes, facteur de l'épuisement de celle-ci et d'accroissement de la teneur en acide cyanhydrique des Sorghos (ORLOV, 1964).

2) La fumure minérale devra être bien pourvue en *acide phosphorique*, la fumure azotée, moyenne (de l'ordre de 50-60 unités N/ha avant le semis ou dès la levée). L'apport d'azote pourra comporter des fractions de 40 U N/ha supplémentaires, après chaque exploitation (coupe ou pâture), si l'humidité du sol en laisse prévoir l'utilisation par les plantes. De toutes manières il est inutile de dépasser 200 U N/ha, sinon l'azote se trouve gaspillé en pure perte et il y a des risques d'accumulation de nitrates toxiques dans les plantes (SUMNER et al., 1965).

Grâce à l'action conjuguée de l'humidité et de l'azote, les plantes pourront atteindre le plus rapidement possible des hauteurs et des stades de végétation auxquels elles renferment des teneurs en toxique moins élevées.

3) A la fois à cause du danger d'intoxication, et de façon à profiter d'une production plus importante, *il y a lieu de ne pas faire pâturer les Sudan-grass avant que les plantes n'aient atteint une hauteur de 50 cm et, dans le cas des hybrides Sorgho × Sudan, au moins 80 cm.*

La continuité du pâturage pourra être facilement obtenue en ayant deux ou plusieurs parcelles, de manière à pouvoir faire passer le bétail de l'une à l'autre.

4) Si dans les champs de Sorgho ou Sudan on constate des plages où les plantes sont courtes ou retardées pour des raisons diverses, il est préférable, par précaution, d'en tenir les bêtes à l'écart, et si c'est possible, d'effectuer la détermination de la teneur en acide cyanhydrique des plantes de ces plages.

5) Dans le but de prolonger la période d'utilisation de l'herbe jusqu'à la fin de l'automne, la meilleure méthode dans le cas des Sorghos et Sudan-grass est d'en retirer une exploitation en été d'assez bonne heure, de façon à obtenir une repousse assez forte à l'automne. Il est préférable d'avoir un peu de gaspillage d'herbe haute par le bétail qui pâture, que des empoisonnements par des

repousses trop jeunes et trop courtes. Si la repousse n'est pas trop riche en HCN avant les gelées, elle peut être pâturée après celles-ci.

6) D'une manière générale, et pour les types de Sorghos fourragers qui ont fait l'objet des analyses précitées, *les risques les plus grands d'empoisonnement proviennent en premier lieu des Sorghos, ensuite, semble-t-il, des hybrides Sorgho X Sudan et des Sweet-Sudan, puis en dernier lieu des Sudan-grass véritables.* Il y a lieu de proscrire pour le pâturage le *Sorghum almum*, ainsi que le *Sorghum halepense*; ces Sorghos seront réservés pour l'utilisation en foin ou en ensilage.

7) *Les précautions doivent être redoublées si les cultures ont subi des dégâts*, pour une raison quelconque : sécheresse, froid, vent, verse, piétinement, lésions mécaniques, atteintes généralisées de parasites... et d'une façon générale par suite de tout facteur ayant retardé la croissance des plantes.

8) Il est dangereux de faire pâturer, ou d'apporter en vert à l'auge de jeunes repousses de Sorgho-grain après la moisson de celui-ci.

9) En début de pâturage il est recommandé de lester les animaux avec un autre fourrage, de façon qu'ils ne soient pas affamés lorsqu'ils sont mis en contact avec les Sorghos et Sudan en herbe.

10) Dans les cas d'intoxication : le bétail peut parfois survivre, s'il n'a pas ingéré de trop grandes quantités d'HCN et s'il était en excellente santé. Bien que les animaux commencent à manifester des signes d'intoxication un quart d'heure à peine environ après la mise à la pâture, les soins apportés risquent d'être inopérants, parce que pratiqués trop tard, le toxique agissant avec une très grande rapidité.

Le traitement suivant a été indiqué comme pouvant apporter éventuellement une amélioration de l'état des animaux :

Injections sous-cutanées d'une solution de :

Nitrate de soude	3 g
Hyposulfite et Thiosulfate de soude	15 g
Eau stérile	20 cc

Effectué sous le contrôle d'un vétérinaire, le traitement peut être complété par des injections d'atropine, de glucose, et des inhalations d'ammoniacque.

CONCLUSIONS GENERALES

L'avenir des Sorghos fourragers en France.

Leur place parmi les autres cultures fourragères.

Les types à cultiver en fonction de leur utilisation.

Si on se base sur le développement que prend actuellement la culture des Sorghos fourragers dans divers pays d'un climat correspondant sensiblement à celui du Sud de la France, on peut prédire un bel avenir cultural à ces espèces fourragères dans le nôtre.

Plusieurs circonstances concourent à favoriser cet essor ; ce sont notamment :

1. L'accroissement incessant de la demande en produits animaux pour l'alimentation humaine. Il s'agit d'y répondre par une augmentation de la production animale en quantité et en qualité, et par suite, par l'intensification des cultures fourragères indispensables à l'entretien d'un bétail plus nombreux.

2. Les progrès techniques réalisés dans la culture, et surtout la mécanisation intégrale des opérations, non seulement depuis la préparation du sol, les semis, jusqu'à la récolte, mais même jusqu'à la distribution des fourrages aux animaux.

3. La production de semences d'une vaste gamme de types de Sorghos améliorés, convenant à des modes de culture et d'utilisation déterminés, dont les caractères de la végétation et du fourrage progressent sans cesse en rendement et en qualité au fur et à mesure des travaux et des nouvelles réalisations des généticiens et sélectionneurs.

En France, et surtout *dans les régions situées au Sud de la Loire*, les Sorghos fourragers peuvent et doivent prendre une place importante là où le Maïs fourrage ne trouve pas assez de ressources en eau pour assurer régulièrement des rendements convenables, et où les prairies — naturelles ou artificielles — souffrent des conditions estivales.

Pour obtenir les rendements les plus élevés, les Sorghos fourragers seront utilisés en culture principale, avec préparation et entretien du sol, de manière à en ménager le plus longtemps possible les réserves hydriques, jusqu'aux semis qui devront être effectués de bonne heure, fin avril ou début de mai.

En culture principale, il est couramment possible de produire en 100 à 130 jours suivant les conditions du milieu, de la saison, et la variété de Sorgho, plus de matière sèche à l'hectare que n'en fournit une bonne prairie de fauche dans toute l'année, avec un rendement total en azote plus élevé, la supériorité du rendement du Sorgho en matière sèche compensant la teneur plus faible en azote de son fourrage par rapport à celui des légumineuses.

Si dans ces mêmes régions on dispose localement de suffisamment d'eau pour pratiquer des arrosages en temps opportun, certains Sorghos fourragers peuvent être utilisés en culture dérobée d'été. Mais on ne doit pas oublier que les rendements de telles cultures sont évidemment fonction du stade maximum de la végétation atteint par les plantes, donc dépendent directement à la fois de la date du semis et de la précocité de la variété employée.

Parmi les types de Sorghos fourragers que nous avons eus en expérimentation, ceux dont la durée du cycle de végétation est la plus courte sont :

Les Sudan-grass : Sudan commun, Sudan Piper, l'hybride Sudan × Sudan Trudan. Ensuite, les Sweet-Sudan et les hybrides Sorgho × Sudan : Sudax Sx 11, 1220 G.P.V., Grazer, Lindsey 77 F et Sordan. Enfin, les Sorghos fourragers hybrides NK 145 et Duet.

Suivant la destination de leur utilisation, on peut répartir les types de Sorghos fourragers en deux groupes (tableau LXXXXVII) :

I. *Les Sorghos fourragers les plus intéressants pour l'alimentation en vert du bétail pendant l'été :*

soit par pâturage,
soit par affouragement en vert.

II. *Les Sorghos fourragers qui conviennent le mieux pour la constitution de réserves :*

soit en foin,
soit en haylage et ensilage.

La répartition entre ces groupes ne constitue pas une discrimination absolue entre les types, certains d'entre eux, à utilisations multiples, pouvant être classés dans les deux groupes à la fois.

I. *Pour la nourriture estivale, en vert, du bétail.*

Par pâturage à la clôture électrique. Les animaux pourront être mis sur le champ lorsque les plantes atteignent de 90 à 130 cm suivant les variétés (en fonction de leur teneur en acide cyanhydrique) et on devra respecter une

TABLEAU LXXXXVII

TYPES ET VARIETES DE SORGHOS FOURRAGERS
A UTILISER DANS LE SUD DE LA FRANCE

Les types et variétés de Sorghos fourragers désignés ci-dessous ont fait l'objet d'expérimentations par la Station d'Amélioration des Plantes de Montpellier I.N.R.A., dans le Midi de la France. Ils peuvent être recommandés pour les divers modes d'utilisation suivants :

I. — Pour pâturage (*)

*Types à faible teneur des plantes
en acide cyanhydrique*
Sudan-grass :

Sudan commun,
Sudan Piper,
Trudan 1 et 2.

*Types à teneur moyenne des plantes
en acide cyanhydrique*
Sweet-Sudan et
Hybrides Sorgho × Sudan :

Sweet-Sudan,
1200 G.P.V. Supersu,
Lindsey 77 F,
Sudax Sx 11,
Grazer.

II. — Pour l'affouragement en vert et l'ensilage
au stade « début pâteux » du grain

Sorghos fourragers
(T) Traditionnels - (H) Hybrides
Précoces ou demi-précoces :
NK 145 (H),
Duet (H),
Noir sucré Drôme (T),
Dairy D. (H).

Demi-tardifs :
Noir sucré Italie (T),
Rox Orange (T),
RS 301 (H),
Beefbuilder (H),
Camelsorgho BF. (H),
Lindsey 92 F. (H),
Lindsey 101 F. (H).

Hybrides Sorgho × Sudan
Demi-précoces :
1220 G.P.V. Supersu,
Lindsey 77 F,
Sudax Sx 11,
Grazer.

Tardifs :
Rosso Lombardo (T),
NK 300 (H),
NK 320 (H),
Frontier S. 210 (H),
Siloking (H).

Demi-tardifs :
Sordan.

hauteur des plantes de 15 cm environ au-dessus du sol, pour ne pas trop compromettre les possibilités de repousse.

Les types qui conviennent le mieux au pâturage sont avant tout ceux dont la teneur des plantes en toxique est la plus faible au stade le moins avancé possible de la végétation, et dont la repousse après pâture est la plus rapide. Ce sont : les *Sudan-grass* : *Sudan commun*, *Sudan Piper* et *Trudan*. Ce dernier nommé procure le rendement fourrager le plus élevé parmi les *Sudan-grass*, tout en présentant une teneur faible des plantes en acide cyanhydrique, comparable à celle du *Sudan-grass Piper* et également l'avantage de tiges moins sèches, bien appréciées par le bétail.

Ensuite *Sweet-Sudan*, à tiges juteuses sucrées, procurant peu de déchets de consommation, mais à teneur en toxique supérieure à celle des *Sudan-grass*.

Enfin, les *hybrides Sorgho × Sudan*, parmi lesquels nous citerons ceux que nous avons eu la possibilité d'expérimenter : *Sudax Sx 11*, *Grazer*, *1220 G.P.V.*, *77 F Lindsey*, *Sordan*. Ces hybrides présentent des teneurs des plantes en toxique plus élevées que les *Sudan-grass*, et par suite, doivent être pâturés avec prudence, en observant les recommandations prescrites dans le chapitre spécial de ce mémoire.

Tous ces hybrides ont des tiges moins nombreuses par plante et plus grosses que celles des *Sudan-grass*, mais succulentes, leur aptitude à la repousse après pâturage ou coupe est variable suivant la variété. Les trois premiers nommés paraissent avoir une meilleure aptitude à la repousse.

Le pâturage des *Sudan-grass*, *Sweet-Sudan* et hybrides *Sorgho × Sudan* peut être prolongé en fin de saison, si la repousse a été ménagée de façon à pouvoir être utilisée à cette époque.

Après les premiers froids, il y a lieu d'attendre quelques jours avant de faire pâturer les plantes ayant subi le gel, celles-ci sont alors bien appréciées par le bétail et moins riches en toxique.

Pour l'affouragement en vert, par apport à l'auge ou tout autre système, la récolte peut être échelonnée au fur et à mesure des besoins, depuis une hauteur des plantes d'environ 90 cm pour les types de *Sorghos* les moins pourvus en toxique, et se poursuivre jusqu'au stade « début pâteux » du grain.

Le fourrage doit être consommé immédiatement, sans lui laisser le temps de s'échauffer dans les appareils de transport.

Les rendements les meilleurs, pour ce mode d'utilisation, sont obtenus soit avec les hybrides *Sorgho × Sudan*, déjà cités, qui peuvent assurer normalement

deux repousses après la première exploitation, soit avec des *Sorghos fourragers précoces* dont il ne faut guère attendre qu'une seule repousse. Parmi ces derniers, citons : *NK 145, Beefbuilder Duet, Noir Sucré Drôme.*

II. — Pour la conservation, ou constitution de réserves.

Sous forme de *Foin*. La production du foin de Sorgho est assez peu conseillée, étant donné les difficultés matérielles rencontrées dans le fanage aux points de vue manipulation et séchage d'une matière verte épaisse, encombrante et riche en jus.

Pour la production du foin, les semis doivent être denses, de manière à obtenir des tiges fines, qui seront coupées à partir du début de l'épiaison. Les types les meilleurs pour le foin sont les *Sudan-grass* : *Sudan commun, Sudan Piper*, à tiges fines, non juteuses, et *Trudan*.

Pour le *haylage*. Les semis doivent être denses, pour la même raison que pour la production du foin. La coupe peut être faite depuis une hauteur des plantes d'environ 90 cm. Il n'est pas économique d'exploiter à une hauteur plus faible. Le fourrage est légèrement fané jusqu'à une teneur de 40 à 50 % d'humidité. On le tasse ensuite dans un silo hermétiquement clos.

Les types de Sorgho qui conviennent le mieux sont aussi bien les hybrides *Sorgho* × *Sudan* déjà cités que les *Sorghos fourragers hybrides* utilisables pour l'affouragement en vert. On peut ajouter à ceux-ci des types plus tardifs, soit en *variétés traditionnelles*, comme les *Sorghos sucrés Rox Orange, Rosso Lombardo*, soit en *Sorghos fourragers hybrides* demi-tardifs et tardifs, tels les : *Dairy D, Camelsorgo, NK 300, NK 320, Siloking.*

Pour la *conservation par ensilage classique*, la production maximum est assurée, dans les conditions géographiques et climatiques les meilleures, c'est-à-dire dans les régions méridionales les plus chaudes et en culture irriguée, par les *Sorghos fourragers hybrides tardifs*, que nous venons de citer en dernier lieu, la meilleure valeur nutritive de l'ensilage étant procurée par la récolte effectuée au stade « début pâteux » du grain.

Dans de nombreux pays, des recherches relatives à l'amélioration des Sorghos sont actuellement en cours. Si dans une certaine mesure, et pour les principes de base de cette amélioration, les Sorghos fourragers bénéficient des résultats acquis par ailleurs pour le Sorgho-grain dont l'importance économique est plus grande, des recherches qui leur sont propres sont cependant poursuivies. Celles-ci ont trait plus particulièrement à une meilleure adaptation aux conditions du milieu : latitude, corrélatrice de possibilités d'extension des

cultures vers le Nord (recherches effectuées aux U.S.A.), altitude (au Mexique), à la sécheresse (en Afrique du Sud), aux diverses conditions de culture et d'utilisation de l'Europe centrale et méridionale (en Hongrie et en Italie), ainsi, point capital, qu'à un accroissement de la valeur nutritive du fourrage.

Les résultats déjà obtenus au cours de ces divers travaux permettent de fonder beaucoup d'espairs sur l'avenir fourrager des Sorghos.

P. HUGUES,

*Station d'Amélioration des Plantes,
Montpellier (1)*

(1) L'ensemble de cette étude sur « Les Sorghos Fourragers » a fait l'objet d'une édition spéciale, tirée à part de la revue *Fourrages*. Cet ouvrage est disponible à la Station d'Amélioration des Plantes de l'INRA rattachée à la chaire d'Agriculture de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier (34), ainsi qu'au G.N.I.S., 44, rue du Louvre, Paris (1^{er}).

E R R A T A

FOURRAGES N° 30

Article de P. HUGUES sur les « Sorghos fourragers »

1° La légende de la photo de couverture doit être remplacée par la suivante :
Semences du Sorgho fourrager : Noir sucré.

2° p. 100 : fig. 25-1 : les noms des variétés ont été inversés avec ceux de la fig. 25-2.

Donc : à 25-1 correspondent Sudan commun,
Autres Sudan-grass ;

à 25-2 correspondent Grazer,
Hybar MV. 301.

la fig. 25-4 doit être numérotée 25-5, avec comme titre : 1^{re} coupe au stade début pâteux du grain, 2^e coupe en fin de saison.

la fig. 25-5 doit être numérotée 25-4, avec comme titre : 1^{re} coupe à 80 cm, 2^e coupe au stade début pâteux du grain.

FOURRAGES N° 31

Article de A. COTTE sur l' « Etat actuel et amélioration de la production fourragère dans le Sud du Massif Central »

La première colonne du tableau V (p. 72) doit être lue de la façon suivante :

TABLEAU V
PRECOCITE DES ESPECES ET VARIETES

<i>Graminées</i>	<i>Stade 10 cm ou bourgeonnem.</i>	<i>Stade début floraison</i>				
Dactyle :	Ariès	1 mai	15 mai			
				Montpellier		
	Germinal	8 mai	24 mai			
				Floréal		
				Prairial	12 mai	1 juin
Taurus	17 mai	10 juin				
Fétuque élevée :	Manade	1 mai	15 mai			
	S. 170	5 mai	20 mai			
Fétuque des Prés :	Naïade	10 mai	10 juin			
	Séquana	15 mai	10 juin			
Fléole	10 juin	10 juillet				
Ray-grass anglais :	Primevère	10 mai	10 juin			
	Bocage	5 juin	25 juin			
Ray-grass italien	8 mai	8 juin				
Ray-grass hybride						
<i>Légumineuses</i>						
Luzernes	6 juin	18 juin				
Trèfle violet		15 juin				
Trèfle blanc		10 juin				
Sainfoin F.K.		8 juin				
Lotier	25 mai	10 juin				