

CN0100414
P340
DRE

SR/Doc

78/119

République du Sénégal
Primaturo

Délégation Générale
à la Recherche Scientifique
et Technique

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA CHLOROSE AZOTEE DE
L'ARACHIDE AU SENEGAL

(communication présentée au séminaire sur la cycle de
l'azote dans les écosystèmes d'Afrique de l'Ouest.
I.I.T.A. • Ibadan Décembre 1978)

J. J. DREVON
3. WEY

Avec la collaboration technique de
A. DIABAYE

Centre National de Recherches Agronomiques,
de Bambasy

Décembre 1973

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES
(I. S. R. A.)

AVANT-PROPOS

-***-

Ce document, traduction d'une communication présentée au "Workshop of nitrogen cycling in the West African Ecosystems" à l'I.I.T.A. Ibadan en Décembre 1978, est une tentative de synthèse des travaux publiés sur le problème des "tâches jaunes" de l'arachide au Sénégal. Les premières observations faites pendant l'hivernage 1978 y sont également présentées.

Il bénéficie de l'expérience acquise sur ce sujet Par l'IRAT au Sénégal jusqu'en 1975 Puis par l'ISRA. Les différentes expérimentations ont été réalisées dans le cadre de la division de biochimie du sol sous la responsabilité de F. GANRY puis de 3, WEY.

RESUME

On observe différents types de chlorose de l'arachide au Sénégal. L'une d'elles, répandue dans le Centre Nord du Sénégal, est décrite ici, puis identifiée comme une chlorose azotée par suite d'une déficience de la fixation symbiotique d'azote résultant d'une nodulation.

Cette chlorose s'observe en sols acides où on note plusieurs indices de toxicités aluminique et manganique. Aucune déficience en oligo-éléments n'a été trouvée. Les facteurs biologiques parmi lesquels l'état de la population de rhizobium et les attaques de nématodes peuvent être en cause, tandis que l'antagonisme existant des actinomycètes vis-à-vis du rhizobium n'aurait pas d'effet.

La chaulage et particulièrement l'apport de matière organique constituent des noyaux de lutte contre cette chlorose.

INTRODUCTION

Au Sénégal, on observe différents types de chloroses de l'arachide. Elles se manifestent généralement en surface bien délimitées que l'on a pris l'habitude d'appeler "taches jaunes" (1).

Un premier type de chlorose correspond à un pH élevé du sol. Il apparaît :

- sur d'anciens brulis près d'un habitat disparu de longue date (2) ou encore à l'emplacement du brûlage des résidus de récolte (pailles) avant l'hivernage

- sur le site d'une termitière aplanie récemment

- dans des sols dont le pH est bien supérieur à 8,0 par suite de l'irrigation avec des eaux riches en cations basiques.

Un deuxième type de chlorose peut apparaître dans des zones où l'engorgement du profil empêche la diffusion des gaz dans le sol et inhibe ainsi la fixation d'azote. Un l'observe surtout en Casamance dans les dépressions peu profondes où les eaux s'accumulent temporairement.

Un troisième type de chlorose qui sera décrit ici, se manifeste dans des sols acides. On l'observe dans les régions de Louga, Thiès et Diourbel et dans le Nord du Sine-Saloum, qui sont caractérisées par une pluviométrie irrégulière de 300 à 700 mm de Juillet à Octobre, et une rotation arachide-mil plus ou moins régulière avec parfois une jachère de un ou deux ans.

II - SYMPTOMES DE LA CHLOROSE EN SOLS ACIDES

Les symptômes de cette chlorose sont décrits à partir d'observations pendant l'hivernage 1978 à Thilmakha (région de Thiès) où la pluviométrie annuelle moyenne est de 500 mm. Le sol est de type Dior,

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques d'un sol Dior.

Mat. organique %	A + L %	Sable %	C %	N %	C/N	Bases échangées meq-	pH eau
0,3	3,3	96,4	2	0,18	11	0,70	5,5

Des taches jaunes composées d'arachides chlorotiques furent comparées avec des surfaces témoins voisines où aucune plante chlorotique n'a été observée.

Un palissement général des feuilles apparaît entre le 20^e et 30^e jour après le semis. La croissance de la plante et l'émission de feuilles nouvelles sont alors ralenties. On observe ensuite 3 évolutions différentes de ces plantas chlorotiques :

1- La plante jaunit et resta naine. Elle flétrit puis meurt généralement après le 60^e jour.

2- La plante peut être moins affectée par la chlorose. Elle jaunit, mais se maintient jusqu'à la fin du cycle avec toute fois, une croissance ralentie (fig.2).

3- La plante pâle peut reverdir après le 30^e jour (fig.?). Un tel reverdissement a également été observé dans un essai en serre après le 55^e jour. De nouvelles feuilles vertes sont émises et la plante a dès lors un taux de croissance normal.

Le nombre total de fleurs émises par les plantes chlorotiques est inférieur à celui des plantes non chlorotiques, et la fréquence d'émission est plus faible chez les premières (fig.3). Le nombre de gousses sur les plantes chlorotiques est de 40% inférieur à celui des plantes chlorotiques.

Le système racinaire des plantes chlorotiques est plus ou moins atrophié. On distingue deux types (fig.4) :

- type I : il n'y a que une ou deux racines latérales et très peu de radicelles.
- type II: il y a des racines latérales bien développées mais peu de radicelles.

Il y a très peu de nodosités sur les racines des plantes chlorotiques. Tandis que le nombre de nodosités augmente régulièrement jusqu'au 70e jour sur les plantes non chlorotiques, il reste à un bas niveau après le 30e jour (fig.6). Au 70e jour, le nombre moyen de nodosités (moyenne de 20 plantes) est de 130 sur les plantes non chlorotiques et de 10 seulement sur les plantes chlorotiques.

De plus, un grand nombre de protubérances brunes sont observées sur les racines des plantes chlorotiques (fig.5). La nature exacte de ces protubérances de la forme d'un tronç de cône de 0,5 mm de long, contenant des bactéries, est encore inconnue.

III - UNE CARENCE AZOTÉE, A L'ORIGINE DE CETTE CHLOROSE

En appliquant une dose de 100 kg/ha sous forme de nitrate d'ammonium, BLONDEL obtint une disparition de la chlorose au champ (3).

En serre, la chlorose fut reproduite dans un essai en pot de 3 kg sur des échantillons de sol prélevés à Thilmakha. Une application d'urée équivalente à une dose de 100 kg N/ha, élimina les symptômes de chlorose. Il apparaît en conséquence que cette chlorose résulte d'une carence de la nutrition azotée de la plante.

Cette conclusion fut confirmée par les dénombrements de nodosités (cf. fig.6) et par les mesures d'activité réductrice d'acétylène par la plante. Celle-ci est significativement inférieure dans les plantes chlorotiques que dans les plantes non chlorotiques (cf. fig.7).

En outre, l'activité réductrice d'acétylène spécifique des nodosités de plantes chlorotiques était en général inférieure à celle des nodosités de plantes non chlorotiques (Tab. II). Ceci peut être attribué soit à une infection par des souches moins efficaces de rhizobium, soit à une diminution de l'activité photosynthétique à l'origine d'un faible apport d'énergie aux nodosités de plantes chlorotiques.

Tableau II : Activité spécifique réductrice d'acétylène (micromole d'acétylène/mg poids sec de nodosité/heure) Thilmakha 78 - moyenne de 20 plantes,

Nombre de jours après semis	35	47	55	62	70	81
Plantes chlorotiques	192	626	267	232	119	166
Plantes non chlorotiques	727	121*	509	317	406	306

* Ce faible niveau d'activité peut être dû à une sécheresse de 15 jours qui affecta beaucoup plus les plantes non chlorotiques bien développées, que les plantes chlorotiques.

IV - HYPOTHESE SUR LES ORIGINES DE LA DEFICIENCE D'ACTIVITE FIXATRICE D'AZOTE DANS LES PLANTES CHLOROTIQUES

L'arachide est plus affectée par la chlorose quand la pluviométrie est déficitaire ou quand le semis est tardif. Cependant, la chlorose étant reproduite en serre sur les échantillons de sol, l'état du sol apparaît être directement à l'origine de cette chlorose. Différentes caractéristiques du sol ont été étudiées :

1- L'état minéral du sol

Los sols dans lesquels cette chlorose est observée sont du type Dior, tropicaux ferrugineux et profonds cf tableau n°1. Ils ont de plus la caractéristique de s'acidifier lorsqu'ils sont cultivés intensivement (9.10.11).

a. acidité du sol

BLONDEL (3) remarque que dans le cas de plantes jaunes naines, le pH (pH eau 1/2,5) était en dessous de 5,0.

Plus tard FIERI (6) n'observe qu'une relation lâche entre la mesure du pH eau et la chlorose de l'arachide, autour de la valeur de 5,0 et que ce pH varie considérablement dans le profil de culture.

Des mesures de pH sur des sols du rhizoplan (Thilmakha 1978) montrent que dans la plupart des cas la mesure du pH du rhizoplan des plantes chlorotiques est entre 4,7 et 5,2 mais quelques valeurs aussi élevées que 5,7 étaient aussi observées. En outre le pH du rhizoplan de certaines plantes non chlorotiques était également 5,0.

b. Toxicité aluminique

Selon PIERI (8), la mesure du taux de saturation du complexe absorbant en aluminium échangeables rendrait mieux compte des effets nocifs de l'acidité des sols. Dans un essai en serre, il mit en évidence avec la variété 57 422 d'arachide, que l'aluminium est toxique pour la nodulation quand le taux de saturation du complexe absorbant est supérieur à 30%, et pour la plante elle-même quand il est supérieur à 50%.

L'aluminium échangeable apparaît dans les sols Dior quand la mesure du pH eau est en-dessous de 5,5.

c. Toxicité manganique

Des premiers résultats d'analyse minérale des parties aériennes des plantes prélevées mettent en évidence une proportion plus élevée de manganèse dans les plantes chlorotiques (777 ppm) que dans les plantes non chlorotiques au 21^e jour après le semis. (Thilmakha 1978 - PANTHIER).

Le manganèse serait toxique pour l'arachide quand la proportion de manganèse dans les feuilles serait supérieure à 600 ppm (15).

d. Les oligo-éléments

La chlorose est observée dans des conditions de fumure minérale de 150 kg/ha de 8-18-27 (contenant également du soufre), sur l'arachide et de 150 kg/ha de 14-7-7 sur le mil en rotation. Mais plusieurs oligo-éléments sont nécessaires à la nodulation et la fixation symbiotique, parmi lesquels la molybdène, le bore, le cobalt, le fer, le cuivre et le zinc.

Un effet significatif du molybdène avait été observé dans les champs d'essai de l'arachide au Sénégal (16), en dehors de conditions de chlorose.

Par contre, un épandage foliaire d'une solution complète d'oligo-éléments pour légumineuses, n'a pas eu d'effet positif sur les plantes chlorotiques (Thilmakha 1978).

2- L'influence de facteurs biotiques

a. La population de rhizobium

D'après un dénombrement réalisé sur des échantillons de sol de Thilmakha prélevés en saison sèche, la population de rhizobium est 10 fois moins élevée dans les sols sur lesquels les plantes sont chlorotiques que dans les sols témoins. D'un autre côté WEY (communication personnelle) élimina la chlorose en inoculant le sol avec la souche C B 756 (essai en serre).

Mais ce résultat ne put être confirmé par des inoculations au champ. En outre, en condition de culture hydroponique, des plantes cultivées sur extrait de sol portant des plantes chlorotiques, le nombre de nodosités n'était pas différent de celui des plantes non chlorotiques. On peut supposer que l'état de la population de rhizobium ne pourrait expliquer à lui seul, la faible nodulation de l'arachide au champ dans les parcelles chlorotiques.

b. Micronorganismes antagonistes du rhizobium

PANTHIER (16) mit en évidence la présence d'actinomycètes antagonistes de rhizobium dans les sols du Sénégal. Mais le nombre de ces actinomycètes dans les sols où la chlorose est observée n'était pas différent de celui dans les sols où il n'y a pas de chlorose (PANTHIER Tab.III).

Tableau III : Nombre d'actinomycètes antagonistes du rhizobium dans 1 gramme de sol. Thilmakha 1978 (moyenne de 5 échantillons de sol).

	Actinomycètes	Actinomycètes antagonistes
Sol Dior de plantes chlorotiques	$1,7 \cdot 10^5$	$9,5 \cdot 10^3$
Sol Dior de plantes non chlorotiques	$2,8 \cdot 10^5$	$9,4 \cdot 10^3$

Dès lors l'influence de cet antagonisme ne pourrait pas expliquer la faible fixation d'azote observée sur les plantes chlorotiques

c. Influence des nématodes

En Haute-Volta, il a été mis en évidence qu'une chlorose de l'arachide était due à des attaques de nématodes (17).

Au Sénégal, selon des dénombrements de nématodes réalisés par GERMANI, la contamination des racines par *Scutellonema* est beaucoup plus élevée dans les plantes chlorotiques que dans les plantes non chlorotiques.

Tableau IV : Nombre de nématodes *Scutellonema cavensei* dans les racines des Plantes chlorotiques et les racines des Plantes non chlorotiques. Thilmakha 1978 (moyenne de 10 plantes)

	sur face avec	Nombre de Nématodes	
		Sol	Racines
	Plantes non chlorotiques	200	2850
	Plantes chlorotiques	880	20951
Traitement	Plantes chlorotiques (années antérieures 0 némagon)	506	16420
nématicide	Plantes chlorotiques (années antérieures + némagon)	0	0

Il n'a pas encore été possible de reproduire la chlorose en laboratoire par inoculation d'un sol sain avec des nématodes.

Au champ, l'application du némagon améliore la croissance de l'arachide. Cependant, la chlorose n'était pas totalement éliminée sur les surfaces traitées avec le némagon. Dans ce cas néanmoins, les plantes avaient un système racinaire bien développé, sans protubérances mais avec peu de nodules cependant.

Tableau V : Effet du traitement nématicide du sol. Thilmakha 1978 (moyenne de 10 plantes). Stade végétatif de la plante.

Surface	Poids sec par tics aériens + gousses	Nombre de nodules	pH
Sans plantes chlorotiques	1,04	28,1	5,4
Sans plantes chlorotiques + némagon	18,12	39,8	5,4
Avec plantes chlorotiques	3,27	2,5	5,0
Avec plantes chlorotiques + némagon	11,81	1,0	5,1

V - MOYENS DE LUTTE CONTRE LA CHLOROSE

Empiriquement, le chaulage et l'apport de matière organique se sont avérés être des moyens de lutte contre la chlorose.

Dans un essai au champ, le chaulage était appliqué à la dose de 600 kg/ha. La surface couverte par la chlorose a été ainsi réduite, mais quelques plantes chlorotiques étaient encore observées et la croissance de la plante marquait encore un ralentissement.

Le fumier de ferme a également été appliqué depuis 1972 sur d'autres parcelles du même essai. Tous les 2 ans, les parcelles reçoivent 10 tonnes de matière sèche par hectare avant le semis de l'arachide.

Après la deuxième application de fumier, les taches jaunes avaient considérablement réduit de surface et après le troisième apport, (soit la 5^e année de culture), aucun symptôme de chlorose ne pouvait être observé.

VI CONCLUSION

Le symptôme de chlorose observé dans les sols acides apparaît lié à :

- des toxicités minérales
- une faible population de rhizobium
- une population élevée de nématodes

Nous ne savons pas encore si la diminution de nodulation et de fixation d'azote qui est à l'origine de cette chlorose est due à une croissance réduite de la plante (par suite de toxicités minérales ou d'attaques de nématodes) ou à quelque mécanisme d'inhibition de la nodulation en rapport ou non avec une faible population de rhizobium dans le sol.

Des recherches complémentaires sur cette chlorose permettraient de mieux comprendre les inter-relations plante, sol, micro-organismes, et nous apporteraient d'avantage d'explication sur le rôle favorable de certaines pratiques culturales comme l'amendement organique et calcique. Il est en effet fort probable que l'apparition de la chlorose de l'arachide ne soit en fait que la conséquence d'un phénomène assez général en zone sahélo-soudanienne, c'est à dire celui de la dégradation progressive de la fertilité des sols.

REMERCIEMENTS :

Nous sommes reconnaissants à MM. GANRY, SIBAND et DIRTTA du CNRA de Bambey et MM. BOUREAU, MUGNIER, PANTHIER et GERMANI des laboratoires de microbiologie du sol et de nématologie de l'ORSTOM pour leurs conseils et leur collaboration.

Nous devons beaucoup à M. DOMMERGUES pour ses critiques du manuscrit et le suivi qu'il a donné à cette recherche.

R E F E R E N C E S

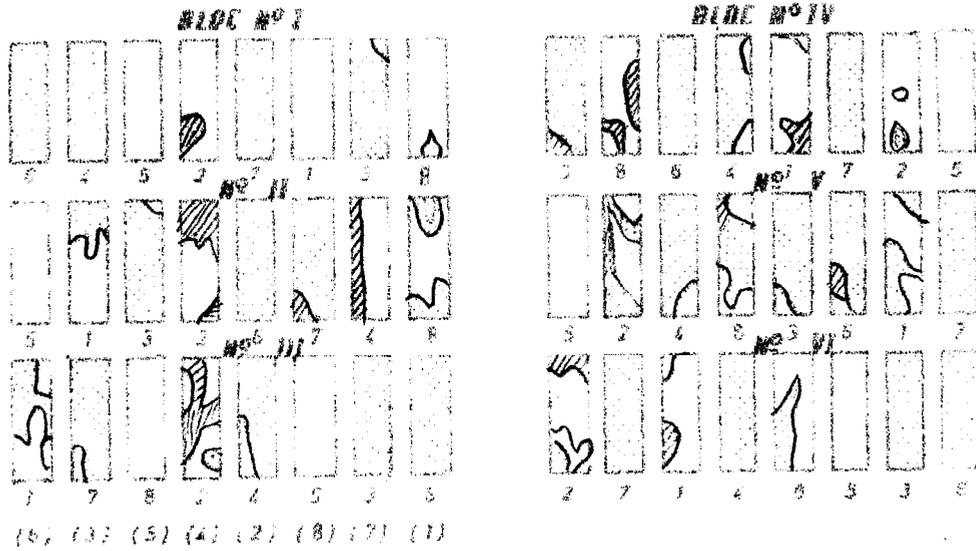
- (1) - BOUHOT 1978 :
Le racougrissement de l'arachide - Agro. Trop. XXIII
n°11
- (2) - GERMANI 1975
"Effets des brulis sur la végétation de l'arachide au
Sénégal" - Académie d'agriculture de France - Extrait
de procès verbal de la séance du 19 novembre 1975.
- (3) - BLONDEL (D), 1970
"Relation entre le "Nanisme jaune" de l'arachide en
sol sableux (Dior) et le pH. Définition d'un seuil
pour l'activité de rhizobium.
Agron. Trop. XXV, n°6-7.
- (4) - DUCERF (P.), 1978
"Synthèse des travaux effectués sur la modélisation de
la fixation d'azote d'une culture d'arachide au
Sénégal - Ronéo ISRA
- (5) - CHARREAU (C.), NICOU (R.), 1971
"L'amélioration du profil cultural dans les sols sa-
bleux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche
Ouest africaine et ses incidences agronomiques.
Bull. Agron. n°23 CNRA Bambey - IRAT/Sénégal.
- (6) - PIERI (C.), 1974
"Premiers résultats expérimentaux sur la sensibilité
de l'arachide à la toxicité aluminique"
Agron. Trop. XXIX, n°6-7.
- (7) - NDIAYE (J.P.), 1978
"Enquête fertilité en milieu paysan dans la région du
Sine-Saloum - Ronéo ISRA.
- (8) - PIERI (C.), 1976
"L'acidification d'un sol Dior cultivé du Sénégal et
ses conséquences agronomiques" Agron. Trop. XXXI - 3
- (9) - POULAIN (J.F.)
"Résultats obtenus avec les engrais et les amendements
calciques. Acidification des sols et correction" -
Colloque sur la fertilité des sols tropicaux. Ed.
IRAT, 1968.
- (10) - POULAIN (J.F.)
"Premier bilan des essais urée-sulfate : résultats
agronomiques de quatre années 1966-1969. Doc. ronéo
IRAT-Sénégal.
- (11) - CHARREAU (C.), 1971
"Nécessité agronomique et intérêt économique d'une
intensification des systèmes agricoles au Sénégal"
Doc. ronéo IRAT/Paris.

- (12) - PANTHIER (J.J.), DIEM (H.E.), DOMMERGUES (Y.R.), 1978
"A rapid of method of enumerating actinomycetes an-
togenic toward rhizobia"
Laboratoire de microbiologie des sols ORSTOM/Dakar
- (13) - GERMANI (G.), GAUTREAU (J.), 1976
"Résultats agronomiques obtenus par des traitements
nématocides sur arachide au Sénégal"
Cahiers ORSTOM Série biologie vol. XI n°3.
- (14) - WEY (J.), OGATON (M.), 1978
"Incidence de quelques techniques culturales sur
l'activité fixatrice d'azote et le rendement de
l'arachide"
Agron. Trop. XXXIII, n°2.
- (15) - PREVOT, OLLAGNIER, AUBERT, BAUCIERES (1955)
"Dégradation des sols et toxicité manganique" Oléa-
gineux vol X n°4.
- (16) - MARTIN (G.), FOURRIER (P.), 1965
"Les oligoéléments dans la culture de l'arachide du
Nord-Sénégal" - Oleagineux XX n°5.
- (17) - GERMANI (G.), DHERY (M.), 1973
"Observation et expérimentation concernant le rôle
des nématodes dans dcuxaaffections de l'arachide en
Haute Volta, la "chlorose" et le "clump" Oléagineux
29/235-242.
- (18) - DREVON (J.J.), 1978
"Éléments Pour une étude des apports de matière
organique aux sols dans le bassin arachidier du
Sénégal".
Rapport ISRA.
-

FIG. 1: ESSAI INFLUENCE DES TECHNIQUES CULTURALES SUR LA NODULATION THILMAKHA

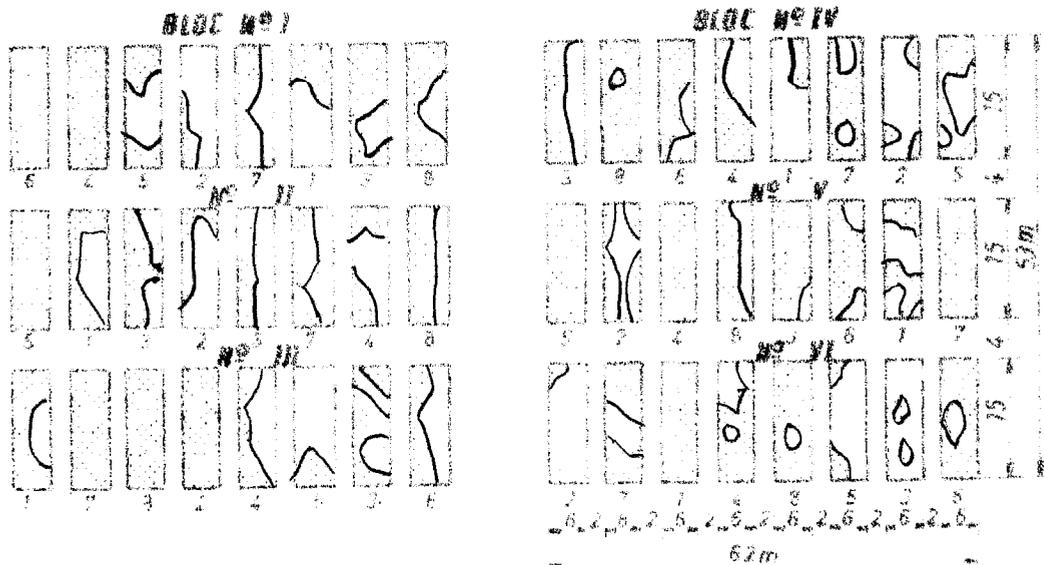
Sites of chlorosis August 1978

SURFACES CHLOROTIQUES AOUT 1978



Sites of chlorosis August 1974

SURFACES CHLOROTIQUES AOUT 1974



-  Zone de reverdissement - Recovery area
-  Zone saine - Normal area
-  Zone chlorotique - Chlorotic area

FIG. 2: POIDS SEC DES PLANTES

DRY WEIGHT OF THE PLANTS

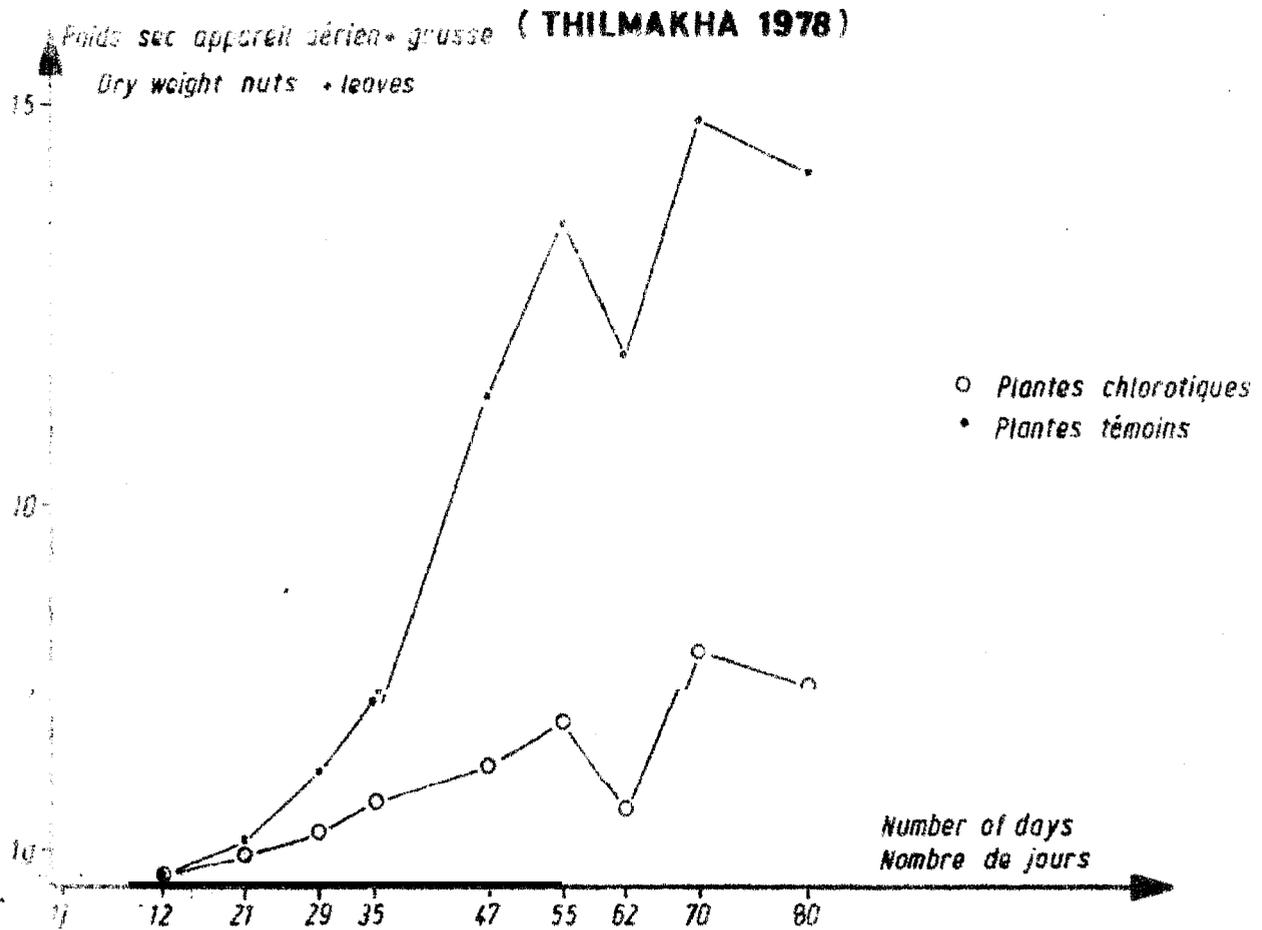


FIG. 3: FLORAISON (journalière - cumulée)

Flowering (daily cumulative)

(THILMAKHA 1978)

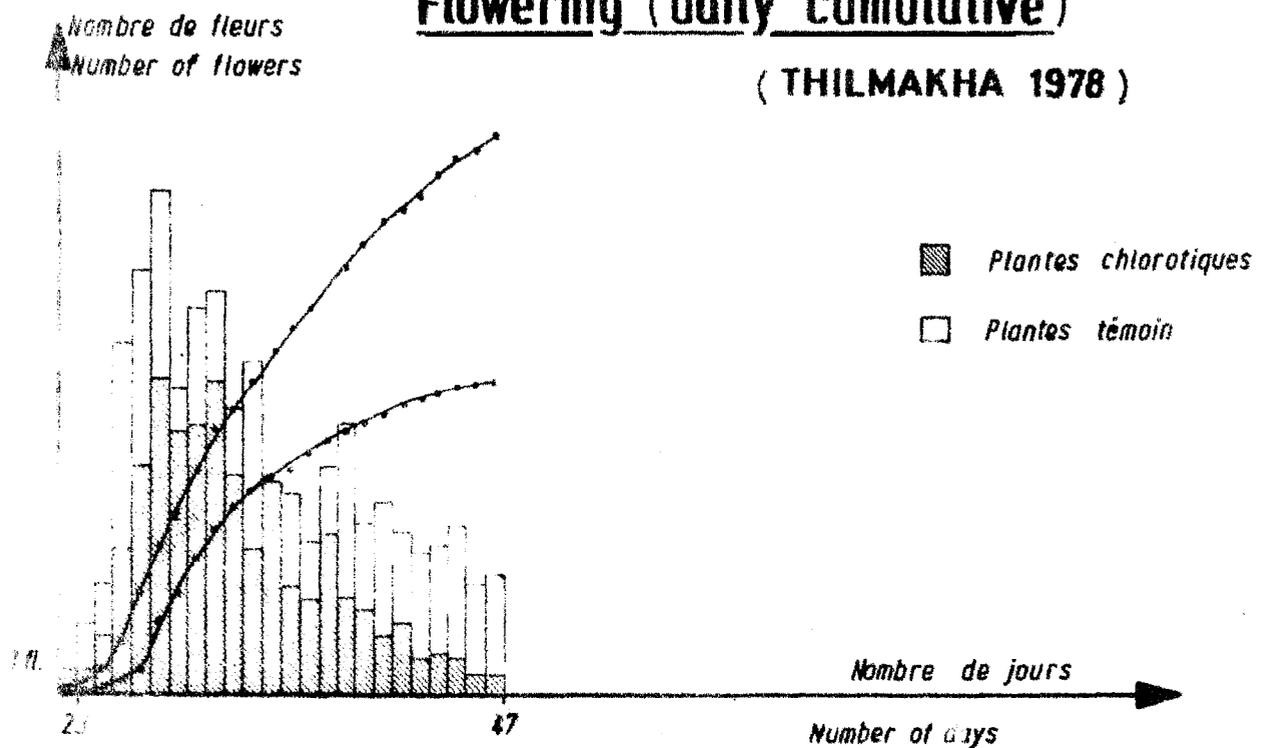


FIG. 6 : NOMBRE DE NODOSITES PAR PLANTE

Number of nodules per plant

▲ Nombre de nodosités
Number of nodules

THILMAKHA 1978

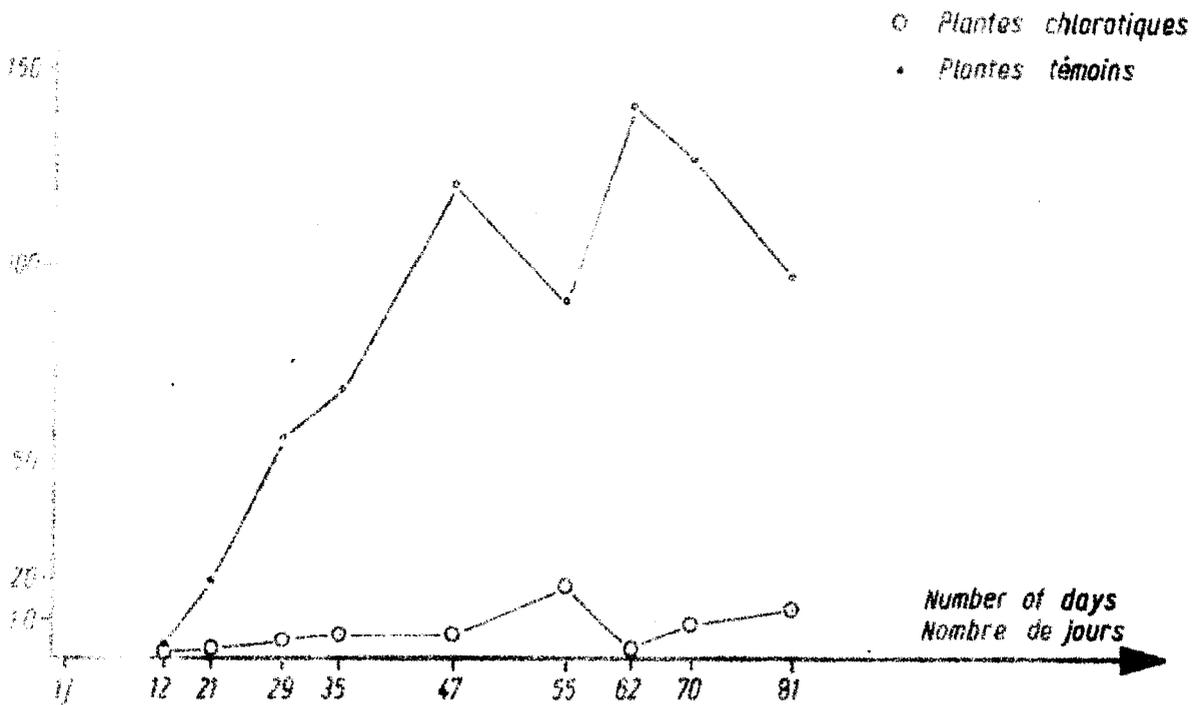


FIG. 7 : ACTIVITE REDUCTRICE ACETYLENE PAR PLANTE

Reduction of Acetylene per plant

▲ Nanomoles of acetylene per hour per plant

Nanomole d'acétylène par heure par plante (THILMAKHA 1978)

