

**PHENOLOGIE
METHODES D'ETUDES**

**SINA SIBIDOU
CENTRE NATIONAL DE SEMENCES FORESTIERES
OUAGADOUGOU - BURKINA FASO**

**RAPPORT D'ACCUEIL AU
LABORATOIRE D'ECOLOGIE ORSTOM DAKAR**

JUIN 1991

INTRODUCTION

Du 1er mars au 31 mai 1991, j'ai été accueilli au Laboratoire d'Ecologie Végétale de l'ORSTOM de Dakar pour échanger des expériences et acquérir des méthodologies nouvelles sur la phénologie des espèces ligneuses sahéliennes.

La nécessité d'un tel stage tient essentiellement au rôle que joue le Centre National de Semences Forestières (CNSF) du Burkina Faso au niveau régional, dans la production de graines forestières destinées aux actions de développement et de recherche.

En effet, dans les régions sahéliennes caractérisées par une forte dégradation du couvert végétal, et où l'arbre reste une source d'alimentation pour les hommes et les animaux, le reboisement se présente partout comme l'arme la plus efficace contre la désertification.

Pour soutenir ces efforts, il est apparu indispensable de créer des banques de graines dont la collecte requiert une connaissance approfondie des périodes d'activité de la végétation.

L'étude de la phénologie, comme moyen de garantir des stocks suffisants de semences de qualité (sanitaire et physiologique) porte sur deux points principaux :

- établissement de calendriers phénologiques ; il s'agit de déterminer pour chaque espèce étudiée, les périodes d'activité de la végétation.

- caractérisation des relations liant la périodicité de la végétation aux facteurs du milieu, en vue de déterminer les facteurs discriminants du comportement phénologique des espèces et de prévoir leur réaction aux fluctuations des variables écologiques, GROUZIS (1980).

A cet effet, nous avons mené un certain nombre d'activités dont l'initiation à la recherche de l'information, la pratique de l'observation phénologique sur le terrain et le traitement informatique des données, avec les logiciels CHART et MULTIPLAN dont nous avons appris l'utilisation.

En outre, nous avons fait une étude bibliographique sur la base d'une importante documentation acquise grâce au fichier informatisé *Current Contents* et aux divers *Abstracts*.

Le séjour nous a enfin donné l'occasion de visiter le Laboratoire de Génétique de l'ORSTOM et l'Unité de Graines Forestières de la DRPF/ISRA.

RECHERCHE DE L'INFORMATION ET ACQUISITION DU DOCUMENT

La recherche de l'information constitue une étape essentielle pour le chercheur, en vue de l'acquisition de documents dont il pourra s'inspirer pour orienter au mieux ses travaux, lui évitant ainsi de revenir éventuellement sur des problèmes quelquefois déjà résolus.

En effet, un travail de recherche n'a d'intérêt que dans la mesure où il apporte des éléments nouveaux d'information et de ce fait, ne peut être conçu et réalisé convenablement sans se référer aux travaux déjà publiés.

1. METHODES DE RECHERCHE DE L'INFORMATION

1. 1 A partir d'un document de son profil

Dans ce cas, on se reporte à la partie "bibliographie" et on note les titres intéressants; on établit ainsi un fichier comprenant l'ensemble des articles sélectionnés avec les références suivantes: nom de l'auteur, titre, date, revue, page, pays.

Grâce à ce fichier manuel, qui doit être constamment enrichi, le chercheur suit l'actualité scientifique.

1. 2 A partir d'abstracts

Les abstracts dont l'obtention est soumise à un abonnement préalable, présentent l'avantage de couvrir une gamme variée de revues. Les articles intéressants sont également fichés.

Nos recherches ont porté sur *Forestry Abstract* et *Herbage Abstract*, disponibles au Laboratoire d'Ecologie.

Plus avantageux encore sont les *abstracts* informatisés tel *Current Contents*, même si l'abonnement coûte relativement plus cher. L'exploitation de cet *abstract* est toutefois conditionné par l'apprentissage du logiciel.

Après avoir introduit un profil (mots clé) dans l'ordinateur, *Current Contents* affiche automatiquement à l'écran tous les articles concernés. L'annexe 1 présente la procédure de demande d'articles avec le logiciel CC.

2. COMMENT SE PROCURER LES ARTICLES SELECTIONNES.

2. 1. Pour les articles récemment publiés, il suffit de faire la demande de tiré-à-part à l'auteur qui l'envoie gratuitement.

2. 2 Si l'article retenu est ancien et qu'on ne sait pas où trouver son auteur, il est possible de s'adresser à des structures comme :

l'Institut de l'Information Scientifique et Technique - CNRS 26, rue Boyer 775971 Paris cedex 20
Tél 33(1)43 58 35 59 - Télécx CNRSDOC 220880 F - Télécopie 33(1) 43 58 03 27 France,

l'ICRAF(International Council in Agroforestry) P.O. Box 30677, Nairobi - Kenya, Tel (254-2) 521450, Telex 22048 Telefax : 521001, Cable : ICRAF

l'ILCA (International Livestock Centre for Africa) P.O. Box 5689, Addis Ababa, Ethiopia, Tel 613215, Telex : ADDIS 21207 pour l'obtention d'une copie de tiré-à-part.

Dans ce cas le demandeur devra auparavant procéder à l'ouverture d'un compte à l'adresse des structures concernées pour le paiement du coût des services rendus.

2.3 On peut acquérir aussi les articles au niveau des centres de documentation; celui de l'ORSTOM est doté d'un fichier bibliographique informatisé, SESAME, rendant facile la recherche de l'information.

2.4 Enfin des articles d'intérêt peuvent être trouvés au niveau des librairies.

De cette manière, nous avons recensé un certain nombre d'articles intéressants traitant de la phénologie, dont la commande a été aussitôt passée (Annexe 2).

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1 LES METHODES D'ETUDE DE LA PHENOLOGIE

La phénologie est l'étude de la répartition dans le temps des modifications cycliques ou saisonnières que subissent les organismes dans leur morphologie et leur physiologie, sous l'influence des facteurs environnementaux.

L'étude de la phénologie requiert une multitude d'approches et de méthodes en fonction des groupes d'organismes étudiés (STEARNS et LIETH, 1974) et des objectifs poursuivis.

Elle peut être envisagée soit de manière intensive sur un organe, un individu, ou une population, à l'échelle d'un ou de quelques sites soit extensivement au niveau d'une communauté.

L'étude du comportement d'une communauté, menée à l'échelle d'un pays ou d'une région, intègre plusieurs espèces et stations et permet ainsi d'établir une carte phénologique.

Si d'une manière générale, un certain nombre de travaux sur la phénologie végétale en milieu tropical sont connus (NJOKU, 1963 ; BOALER, 1966 ; EWUSIE, 1969 ; FRANKIE et al., 1974 ; BORCHERT, 1983 ; HEIDEMAN, 1989 ; ZIETSMAN et al., 1989 ; CORLETT, 1990, ...), ceux réalisés au Sahel, dans le Ferlo Sénégalais et dans le nord du Burkina et du Cameroun, restent l'oeuvre de quelques auteurs dont DURANTON (1978), TRAORE (1978), POUPON (1979), GROUZIS et SICOT (1980) et SEGHERI et FLORET (1991).

Dans l'ensemble, il ressort des données fournies par la littérature que l'effectif de l'échantillon, souvent faible, n'est pas toujours représentatif de la population des espèces étudiées.

La nature et les critères d'observation phénologiques restent parfois imprécis.

En outre la durée des observations dont dépend toute possibilité de généralisation des résultats ne semble pas toujours pris en compte.

• Echantillonnage

Pour suivre l'évolution phénologique de la végétation, la technique communément employée consiste à effectuer de façon plus ou moins régulière des relevés au cours desquels l'état de la végétation est noté (LIETH, 1974).

Cette méthode très générale doit être adaptée aux objectifs des recherches entreprises, au matériel concerné et aux moyens mis en oeuvre, en tenant compte du coût de chaque observation, c'est à dire du rapport de la qualité des informations au temps mis pour les obtenir (DURANTON, 1978).

FRANKIE et al. (1974) indique les conditions idéales pour une étude phénologique :

- station relativement peu perturbée, donc à l'abri de pressions (feux de brousse, coupes, ...) susceptibles d'entraîner une modification de la structure de la population.

L'accessibilité de la station en toute période de l'année est indispensable à considérer car le déplacement d'un site en cours d'expérience interrompt l'homogénéité des observations et condamne à ne tirer que des conclusions d'ordre général.

L'effet de bordure doit être évité par un choix convenable de la position de la station.

- effectif suffisamment élevé, représentatif de la population considérée, permettant d'établir les variations intrapopulation et de dégager un comportement moyen de l'espèce.

Pour déterminer l'effectif, un échantillon stratifié peut être réalisé sur la base de la structure de la population, c'est à dire de l'histogramme de fréquence par classe de diamètre à la base (GROUZIS, 1980).

Sur une superficie de référence (variable en fonction de la densité du peuplement), des mesures systématiques de diamètre de tous les individus (population) sont effectuées. Une trentaine d'individus au moins (échantillon) sont ensuite déterminés par rapport à l'effectif de chaque classe.

- les observations phénologiques doivent être poursuivies pendant plusieurs années de manière à établir la périodicité des phases phénologiques.

• Nature et critères des observations

L'étude de la phénologie est basée sur l'observation.

La feuillaison, la floraison et la fructification sont les 3 phases observées, dont la caractérisation morphologique diffère d'un auteur à l'autre.

Il est important que l'appréciation qualitative des phénophases soit toujours complétée de données quantitatives, nécessaires à l'analyse statistique.

EWUSIE (1969) ne distingue pas de stades phénologiques et considère la floraison depuis la formation des premiers bourgeons floraux jusqu'au moment où la plupart des fleurs ont évolué en fruits et la fructification s'étalant de la nouaison au début de la chute.

POUPON (1979) considère quatre stades pour la phase de feuillaison uniquement.

ZIETSMAN (1983) note 4 stades distincts pour chacune des phénophases.

GROUZIS (1980), s'inspirant des travaux de LE FLOC'H (1969), propose pour les 3 phénophases 5 différents stades clairement définis et d'observation assez facile:

- feuillaison

V1 : gonflement des bourgeons, pas de feuilles développées

V2 : bourgeons foliaires + feuilles épanouies (plus de 10% et moins de 50% des organes de l'individu)

V3 : feuilles en majorité épanouies

V4 : feuilles vertes + feuilles sèches ou ayant changé de couleur (plus de 10%, mais moins de 50%)

V5 : plus de 50% des organes de l'individu ont des feuilles sèches et chute des feuilles

- floraison

- f1 : bourgeons floraux uniquement
 f2 : bourgeons floraux + fleurs épanouies (plus de 10% et moins de 50%)
 f3 : plus de 50% des organes portent des fleurs épanouies
 f4 : fleurs épanouies + fleurs sèches (plus de 10% et moins de 50%)
 f5 : fleurs sèches en majorité, chute des pièces florales

- fructification

- F1 : nouaison
 F2 : phase d'évolution du fruit jusqu'à sa taille normale
 F3 : maturité du fruit
 F4 : fruit murs + début de dissémination (ouverture des gousses, ou chute des fruits)
 F5 : fruits entièrement secs et chute

Le stade 1 correspond à l'installation et le stade 5 à la disparition de la phase. Les stades 2, 3, 4 représentent pour un individu une phase déterminée; chacun de ses trois stades correspond aux intensités suivantes : faible, optimum, et déclinante.

* Périodicité des observations

La régularité des observations est une condition garantissant la qualité des résultats.

L'intervalle de temps séparant deux observations successives doit être plus court que la durée du phénomène le plus rapide du cycle (DURANTON, 1978) et est donc variable en fonction de l'espèce, de la période de l'année et des événements à observer. Il est très réduit (à l'échelle horaire) dans le cas d'études fines portant sur le développement des organes et peut varier de quelques jours pendant la saison d'intense activité de la végétation à un mois ou plus pour les études de populations.

2. FACTEURS INFLUENCANT LE COMPORTEMENT PHENOLOGIQUE DES ESPECES

La phénologie des végétaux est influencée par divers facteurs biotiques (insectes, oiseaux,...) et abiotiques dont le climat (température, pluviométrie, lumière, humidité,...), le sol, la topographie et le géotype.

De tous ces facteurs, ceux qui retiennent le plus l'attention sont les facteurs climatiques, en particulier les données hydriques et thermiques. Elles sont en général les plus limitantes pour la plante et déterminent son comportement phénologique.

En régions tropicales certains travaux ont mis l'accent sur les conditions hydriques. Le régime thermique relativement constant a malencontreusement été considéré comme moins déterminant. Nous verrons qu'il n'est pas toujours ainsi.

POUPON (1979) montre que les variations pluviométriques inter-annuelles expliquent dans une large mesure les fluctuations de la phénologie des espèces ligneuses installées à Fété-Olé (Sénégal). La quantité annuelle des pluies mais aussi leur répartition a un effet sur le développement des populations, le départ de la feuillaison étant d'autant plus précoce que l'année est mieux arrosée, la floraison totalement absente ou retardée et de courte durée en année sèche.

SAUER et URESK (1976) observe en deux années d'étude une variation des phases de floraison et de fructification en fonction de la réserve hydrique du sol.

GROUZIS et SICOT (1980) constate le rôle prépondérant de l'eau du sol sur le déterminisme des phases de feuillaison et de floraison de *Combretum aculeatum*.

Cependant, la simultanéité d'actions des facteurs ne permet pas d'attribuer à l'eau un rôle exclusif (GROUZIS et SICOT, 1980); les espèces ligneuses présentant une indépendance beaucoup plus grande (que les herbacées) de leurs rythmes d'activité vis à vis de la période pendant laquelle l'eau est disponible dans le sol (SEGHIERI et FLORET, 1991).

L'influence de la température et/ou du photopériodisme a fait l'objet de divers travaux (NJOKU, 1963 ; JACKSON, 1966; SAUER, 1975 ; BORCHERT, 1983 ; MORI et al., 1990 ; SPECHT et YATES, 1990).

JACKSON (1966) établit une parfaite corrélation entre la floraison et la somme des températures de l'air et NJOKU (1964) montre l'importance de l'influence du photopériodisme sur la phénologie à 10° d'altitude en Afrique.

Au bout de huit années d'étude sur le chêne (en zone tempérée), NIZINSKI et SAUGIER (1988) formulent un modèle phénologique prédisant la date de débourrement en fonction de la température et du photopériodisme et établissent que le débourrement n'intervient que lorsque la somme des températures moyennes des 10 jours précédant l'évènement excède un seuil donné.

Il apparaît nettement que la diversité et la fluctuation des conditions écologiques président dans une large mesure au déroulement des cycles de la végétation.

Si l'on veut comprendre et prédire la réaction des espèces aux fluctuations du milieu, l'étude de la phénologie devra davantage considérer la durée des observations et la diversité des stations.

PRATIQUE DE L'OBSERVATION PHENOLOGIQUE

Les observations ont été faites à Bandia à proximité de la station expérimentale de l'ISRA sur deux populations relativement jeunes d'*Acacia seyal*.

Ces séances ont été organisées en raison des difficultés souvent rencontrées, liées à l'échantillonnage et à l'observation.

1 Echantillonnage (voir Etude bibliographique)

Il s'agit de faire le choix d'un certain nombre d'individus à suivre périodiquement.

Un plan de la station indiquant la disposition spatiale de ces arbres doit être dressé. En outre, pour faciliter le suivi phénologique, il est nécessaire de les numéroter et de les marquer soit à l'aide d'étiquettes bien visibles.

L'échantillon pour chacune des deux populations d'*Acacia seyal* comporte 52 individus dont les mesures de diamètre à la base ont été faites (voir résultats dans le paragraphe traitement des données).

2 Observations

La principale difficulté réside dans l'appréciation des stades phénologiques. S'il est en général aisé de reconnaître les différentes phases, l'appréciation des stades l'est d'autant souvent moins qu'elles sont parfois vaguement définies.

L'expérience et l'attention sont requises pour mener à bien le suivi phénologique. Les observateurs non expérimentés ont besoin d'informations préalables sur la morphologie des bourgeons foliaires, des boutons floraux et des jeunes fruits de l'espèce à étudier, afin de faciliter la reconnaissance de ces organes sur le terrain.

PHENOLOGIE ACACIA ADANSONII 1981

DATE VEG.	DATE FL.	JOUR JUL.	PLUIE	T 6H	T 12H	T 18H
	10 AOUT	222.0	0.0	26.5	32.3	28.5
		221.0	0.0	26.0	35.3	34.6
		220.0	0.0	26.7	34.4	35.0
		219.0	0.0	26.7	32.5	33.2
		218.0	0.0	24.1	31.0	32.4
		217.0	0.0	22.9	32.3	32.6
		216.0	43.0	26.0	31.6	32.4
		215.0	0.0	26.3	33.5	32.3
		214.0	0.0	23.3	31.4	32.5
		213.0	20.8	26.7	34.0	23.0
		212.0	0.0	25.0	31.5	32.9
		211.0	0.0	24.3	30.6	31.3
		210.0	0.0	24.4	28.8	28.5
		209.0	7.2	24.3	27.2	28.8
		208.0	2.8	25.2	32.0	32.9
		207.0	0.0	21.2	28.3	29.4
	25 JUILLET	206.0	34.4	23.5	29.5	31.9
		205.0	7.4	23.7	31.5	32.5
		204.0	0.2	24.0	31.5	28.3
		203.0	0.5	23.2	29.7	31.5
		202.0	20.5	26.7	34.6	34.9
		201.0	0.0	25.7	35.3	36.2
		200.0	0.0	26.5	32.0	34.0
		199.0	0.0	24.7	31.1	32.5
		198.0	3.1	25.5	31.6	31.5
		197.0	0.0	27.0	34.5	34.5
	15 JUILLET	196.0	8.8	25.9	34.1	34.9
		195.0	0.0	23.7	31.1	33.5
		194.0	7.7	24.1	31.3	36.2
		193.0	8.0	26.7	33.4	28.5
		192.0	0.0	23.9	31.5	33.1
		191.0	0.0	28.0	33.0	28.0
		190.0	0.0	27.3	34.9	35.2
		189.0	0.0	24.3	32.2	34.1
		188.0	0.0	23.1	25.0	30.0
		187.0	18.6	27.5	34.0	35.3
		186.0	0.0	29.5	35.8	34.8
		185.0	0.0	27.8	37.5	38.1
		184.0	0.5	26.8	34.9	36.3
		183.0	0.0	26.2	31.0	33.5
		182.0	0.0	29.0	35.7	37.0
	30 JUIN	181.0	0.0	27.0	34.5	36.3
		180.0	0.0	26.3	32.2	32.9
		179.0	0.0	26.7	33.9	34.7
		178.0	0.0	21.2	31.1	33.5

VEGETATION	PLUIE	T° 6h	T° 12h	T° 18h
pluie ant.	78.7			
somme 5j	54.2	125.2	165.3	172.8
somme 10j	57.7	258.2	337.5	353.7
somme 15j	59.1	393.6	516.3	528.0
somme 20j	59.1	540.6	701.4	718.6
somme 30j	59.1	833.6	1093.7	1115.9
FLORAISON				
pluie ant.	262.1			
somme 5j	0.0	130.0	165.5	163.7
somme 10j	63.8	255.2	328.3	316.5
somme 15j	73.8	378.4	478.4	470.9
somme 20j	115.8	470.8	599.2	593.0
somme 30j	164.4	750.5	957.9	961.2

L'observation doit être faite sur l'ensemble du houppier de chaque individu afin d'en dégager l'état moyen. Il est certes vrai que les variations individuelles de comportement ne sont pas de nature à faciliter les observations.

La collecte de ces données constitue une étape importante de l'étude phénologique et la qualité des résultats attendus en dépend.

TRAITEMENT DES DONNEES

Le traitement des données a constitué une partie essentielle du stage et m'a permis d'acquérir la maîtrise de l'utilisation des logiciels CHART pour le tracé des graphiques et MULTIPLAN pour les tableaux.

1. ANALYSE DE LA STRUCTURE

Ainsi les données des deux populations d'*Acacia seyal* de Bandia, les données phénologiques et météorologiques 1978 de la station de Windé (nord Burkina) ont été traitées avec CHART:

-les histogrammes des figures 1 et 2 indiquent la structure des deux populations.

Une comparaison entre les deux moyennes observées, basée sur l'écart réduit montre que la différence n'est pas significative.

$$\Sigma = \frac{m_a - m_b}{(S_a^2/n_a + S_b^2/n_b)^{1/2}}$$

Les échantillons peuvent être considérés comme appartenant à la même population, et les individus à suivre peuvent être pris dans l'une ou l'autre de ces deux populations.

2. REPRESENTATION DES PHENOGRAMMES ET DES CONDITIONS MICROMETEOROLOGIQUES

Le phénogramme de *Combretum aculeatum* et le diagramme pluviométrique sont présentés sur les figures 3 et 4. Ces graphiques représentent des sorties imprimantes. Une initiation à l'utilisation des tables traçantes HP donnant des sorties couleur a été faite.

3. DETERMINISME DES CYCLES PHENOLOGIQUES

L'étude du déterminisme des cycles phénologiques, réalisées sur la base des données climatiques et phénologiques collectées par le Dr Grouzis de 1978 à 1981 à la station de Jananfaka (nord du Burkina) a été réalisée avec les logiciels Multiplan et Chart.

A titre d'exemple j'ai représenté ci- contre le tableau des données de l'année 1981 sur l'*Acacia adansonii*. La première partie du tableau comprend la date du début de la floraison, le jour julien (calculé automatiquement), et les températures à différentes heures. La deuxième partie du tableau donne les résultats des calculs demandés (somme des différents éléments).

L'étude de l'influence de la pluviométrie, de l'humidité et de la température sur la feuillaison d'*Acacia adansonii* a été faite. L'analyse des graphiques obtenus montre que:

- la quantité totale des pluies antérieures, ainsi que les quantités des pluies des 5, 10, 15, 20, et 30 jours précédant le débourrement n'influencent pas l'installation de la phase de végétation (figure 5).

- la somme des humidités relatives moyennes et à 6h n'a pas non plus d'effet sur le débourrement (figure 6).

- la température est le facteur qui semble présider au déclenchement de la feuillaison chez *Acacia adansonii*.

Quelle que soit la durée prise en compte pour le calcul de la somme des températures, la relation entre la date de débourrement et la somme des températures est étroite (figure 7) ; le coefficient de détermination varie de 64,7 à 98,8 pour un ajustement à une loi exponentielle (figure 8). Il apparaît cependant qu'il existe une durée pour laquelle cette corrélation est la plus efficiente : entre 10 et 15 jours.

A titre d'exemple la figure 9 donne l'ajustement à un modèle exponentiel et les statistiques correspondantes. Les résultats montrent que 98,8% de la variabilité de la date de débourrement sont expliqués par la somme des températures des 15 jours antérieures.

Ce résultat remarquable confirme sur cette espèce tropicale ceux obtenus sur des végétaux des pays tempérés.

CONCLUSION

Au terme du présent stage au Laboratoire d'Ecologie végétale, sous la responsabilité du Dr Grouzis, il apparaît que les objectifs fixés ont été largement atteints.

En effet, les différentes discussions qui ont essentiellement porté sur les aspects méthodologiques, ont permis de situer l'importance des variables écologiques, principaux facteurs déterminant le déroulement des cycles de la végétation.

Les séances pratiques organisées sur le terrain ont suscité des échanges d'idées et d'expérience et nous ont donné l'occasion d'insister sur les problèmes relatifs à l'échantillonnage.

Enfin la documentation et la maîtrise de l'utilisation des logiciels graphique et tableur, constituent pour moi des outils indispensables pour une meilleure conduite de mes travaux ultérieurs.

Au terme de mon séjour, je tiens à remercier tout particulièrement le Dr Grouzis - à qui nous devons l'organisation du présent stage - pour sa constante disponibilité à notre égard, malgré ses multiples occupations. Puisse se développer entre nos deux structures cette forme de collaboration.

Nos remerciements s'adressent également au Dr Nizinski dont nous avons profité de l'expérience et à tous les autres membres de l'équipe pour la franche collaboration qui a prévalu pendant les trois mois passés en leur aimable compagnie.

BIBLIOGRAPHIE

- ACKERMAN, T. L. et BAMBERG (1974) - Phenological studies in the Mojave Desert at Rock Valley (Nevada Test Site). In: "*Phenology and seasonality modeling*" H. LEITH ed., Springer-Verlag, Berlin, 215-226
- ADAM, J. G. et JAEGER, M. P. (1976).- Suppression de la floraison consécutive à la suppression des feux de brousse dans les savanes et prairies de la Guinée (Afrique Occidentale). *C.R. Acad. Sc. Paris*, t.282, série D: 637-639
- ALEXANDRE D. Y. (1980).- Caractère saisonnier de la fructification dans une forêt hygrophile de Côte d'Ivoire. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, vol. 34.
- BISHT, R. P. ; VERMA, et TOKY, O. P. (1986).- Phenology of evergreen vs deciduous trees of Central Himalaya. *J. Tree Sci.*, 5(2) : 126-130
- BOALER, S. B. (1966).- Ecology of Miombo site, Lupa North Forest Reserve, Tanzania. Plant communities and seasonal variation in the vegetation. *Journal of Ecology*
- BORCHERT, R. (1983).- Phenology and control of flowering intertropical trees. *Biotropica* 15(2): 81-89
- COLWELL, R. K. (1974).- Predictability, constancy, and contingency of periodic phenomena. *Ecology* (1974) 55:1148-1153
- CORLETT, R. T. (1990).- Flora and reproductive phenology of the rain forest at Bukit Timah Singapore. *Journal of Ecology* (1990) 6:55-63
- DAUBENMIRE, R. (1972).- Phenology and other characteristics of tropical semi-deciduous forest in North Western Costa Rica. *Journal of Ecology*, 60:147-170
- DAVIES, S. J. J. F. (1975).- Studies of the flowering season and fruit production of some arid zone shrubs and trees in Western Australia. *Journal of Ecology* vol. 64, n° 2:665-687
- DAVISON, E. M. et TAY, F. C. S. (1989) - Phenology of *Eucalyptus marginata* on sites infested with *Phytophthora cinnamomi*. *Aust. J. Bot.*, 37 : 193-206
- Du MERLE, P. et MAZET, R. (1983) - Stades phénologiques et infestation par Tortrix viridana L. (Lep., Tortricidae) des bourgeons du chêne pubescent et du chêne vert. *Oecol. Applic. Vol.4, n° 1* : 47-53
- DURANTON, J. F. (1978).- Etudes phénologiques de groupements herbacés en zone tropicale semi aride. I Méthodologie. *Adansonia*, ser.2, 18(2):183-197.
- EWUSIE, J. Y. (1969).- Preliminary studies on the phenology of some woody species of Ghana. *Ghana Journal of Science*, 1969, 8, 3/4:126-151
- FLINT, H. L. (1974).- Phenology and genecology of woody plants. In: "*Phenology et seasonality modeling*" H. LEITH ed. Springer-Verlag, Berlin, 85-97
- FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. et OPLER P. A. (1974).- Tropical plant phenology: applications for studies in community ecology. In: "*Phenology and seasonality modeling*" H. LEITH ed. Springer-Verlag, Berlin, 287-296

- GEPTS, P. (19) - Characterizing plant phenology : growth and development scales. In : "*Plant Growth Modeling for Resource Management*" Vol II : 3-24
- GROUZIS, M. et SICOT, M. (1980).- Une méthode d'étude phénologique de populations d'espèces ligneuses sahéliennes. Influence de quelques facteurs écologiques. A.C.C. Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan (Haute Volta) DGRST-ORSTOM, 11p[^]
- HEGARTY, E. E. (1990).- Leaf life span and leafing phenology of lianes and associated trees during a rainforest succession. *Journal of Ecology*, 78:300-312
- HEIDEMAN, P. D. (1989).- Temporal and spatial variation in the phenology of flowering and fruiting in a tropical rainforest. *Journal of Ecology* (1989), 77: 1059-1079
- HENG, Z. G. (1988) - Experiment on phenology of stet with intermediate cutting. *Journal of Northeast Forestry University*, Vol. 16, N°6 : 60-67
- HOEFS, M. (1979).- Flowering plant phenology at Sheep Mountain, Southwest Yukon Territory
- JACKSON, M. T. (1966).- Effects of microclimate on spring flowering phenology. *Ecology*, 47: 407-415
- KIKUZAWA, K. (1989).- Ecology and evolution of phenological pattern, leaf longevity et leaf habit. *Evol. Trends Plants* 3: 105-110
- KIKUZAWA, K., ASAI, T. et FUKUCHI, M. (1984).- Leaf-litter production in a plantation of *Alnus inokumae*. *Journal Ecology* (1984), 72: 993-999
- KIKUZAWA, K. et MIZUI, N. (1990).- Flowering and fruiting phenology of *Magnolia hypoleuca*. *Plant Species Biol.* 5: 255-261
- LEDENT, J. F., HENKART, T. et JACOBS, B. (1990) -Phénologie du maïs , visualisation de la croissance et du développement . *Revue de l'Agriculture* , Vol. 43 N°3 :391-408
- LIETH, H. (1974).- Purposes of a phenology book. In: "*Phenology and seasonality modeling*". H. LEITH ed., Spinger Verlag, Berlin, 3-19
- McFARLET, D. (1990) - Flower and seed phenology of some plants in the Subtropical Heathlets of Cooloola National Park, Queenslet, Australia. *Aust. J. Bot.*, 38 : 501-509
- MORI, G. ; IMANISHI, H. et SAKANISHI, Y. (1990) - Effect of temperature on flowering on *Lycoris squamigera* Maxim. and *L. radiata* Herb. *J. Japn Soc. Hort. Sci.* 59(2) : 377-382
- NIENSTAEDT, H. (1974).- Genetic variation in some phenological characteristics of forest trees. In: "*Phenology and seasonality modeling*". H. LIETH ed., Springer-Verlag, Berlin, 389-400
- NIZINSKI, J. J. et SAUGIER, B. (1988) - A model of leaf budding and development for a mature *Quercus* forest. *Journal of Applied Ecology*, 25 : 643-652.
- NJOKU, E. (1963).- Seasonal periodicity in the growth and development of some forest trees in Nigeria. *Journal of Ecology*, 51: 55-63
- OREDSSON, A. (1990).- Ranking introduced into phenological recording. *Int. Journal Biometeorol*, 34: 60-66

- POUPON, H. (1980).- Etude de la phénologie de la strate ligneuse à Fété-Olé (Sénégal septentrional) de 1971 à 1977. *Bulletin IFAN-DAKAR*, Tome 41, série A, n° 1
- RALHAN, P. K., KHANNA, R. K., SINGH, S. P. et SINGH, J. S. (1985).- Phenological characteristics of the tree layer of Kumaun Himalayan forests. *Vegetatio* 60: 91-101
- RALHAN, P. K., KHANNA, R. K., SINGH, S. P. et SINGH, J. S. (1985).- Certain phenological characters of the shrubs layer of Kumaun Himalayan forests. *Vegetatio* 63: 113-119
- ROHNER, U. et SORG, J. P. (1986).- Observations phénologiques en forêt dense sèche. Tome 1 Fiche Technique n° 12 Centre de formation professionnelle forestière "FOFAMPIALA" MORONDAVA
- SAUER, R. H. (1975).- The relationship of cumulative sum and moving averages of temperature to reproductive phenology in *Clarkia*. *Am. Midl. Nat.*, 95: 144-158
- SAUER, R. H. et URESK, D. W. (1976).- Phenology of steppe plants in wet and dry years. *Northwest Science*, Vol 50, N° 3, 133-139
- SEGHIERI, J. et FLORET, C. (1991) - Dynamique saisonnière de la végétation sur vertisol dégradé ("hardé") en savane sahélo-soudanienne. Les terres hardes. Caractéristiques et réhabilitation dans les bassins du Lac Tchad. Version provisoire. MESIRES - IRA-IRZ - CIRAD - ORSTOM - CNRS.
- SHARE, J. M. et JERNSTEDT, J. A. (1990).- Leaf growth and phenology of the dimorphic herbaceous layer fern *Danaea wendlandtii* (Marattiaceae) in a Costa Rican rainforest. *Amer. J. Bot.* 77(8): 1040-1049
- SPECHT, R. L. et YATES, D. J. (1990) - Climatic control of structure and phenology of foliage shoots in dicotyledonous overstorey and understorey strata of subtropical plant communities in southeast Queensland. *Acta Oecologica*, 11(2) : 215-233
- SYMONIDES, E. (1978) - Effect of population density on the phenological development of individuals of annual plant species. *Ekologika polska*, 26(2) : 273-286
- TOTHILL, J. C. (1979) - Phenological variation in *Heteropogon contortus* and its relation to climate. *Aust. J. Bot.* 14 : 35-47
- TRAORE, B. (1978).- Observations sur la phénologie de quelques espèces herbacées et ligneuses sahéliennes. A.C.C. Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan (Haute Volta). DGRST-ORSTOM-ISP., 29p
- VORA, R. S. (1990) - Plant phenology in the lower Rio Grande Valley, Texas. *The Texas Journal of Science*, Vol. 42, N° 2: 137-142
- YU, X. (1987) - Correlation analysis between productivity of Chinese Pine (*Pinus tabulaeformis* carr.) plantations and ecological factors in Shaanxi Province. *Acta Botanica Sinica*, 29(5) : 549-555
- ZIETSMAN, P. C., van WYK, A.E. et BOTHA, F. C. (1989).- Vegetative and reproductive phenology of *Ziziphus mucronata* subsp. *mucronata* (Rhamnaceae). *S.-Afr. Tydskr. Plantk.*, 55(6): 564-573

LEGENDES DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1 : Structure des populations d'*Acacia seyal* (données de base)

Figure 2 : Structure des populations d'*Acacia seyal* (données regroupées par classe de diamètre)

Figure 3 : Phénogramme de *Combretum aculeatum* 1978 - Windé
(V = végétation ; f = floraison ; F = fructification)

Figure 4 : Pluviométrie de la station de Windé 1978

Figure 5 : Influence de la pluviométrie sur le débourrement d'*Acacia adansonii* (P5 = quantité de pluie des 5 jours précédant le débourrement ; P10 = quantité de pluie des 10 jours précédant le débourrement ; ; P30 = quantité de pluie de 30 jours précédant le débourrement)

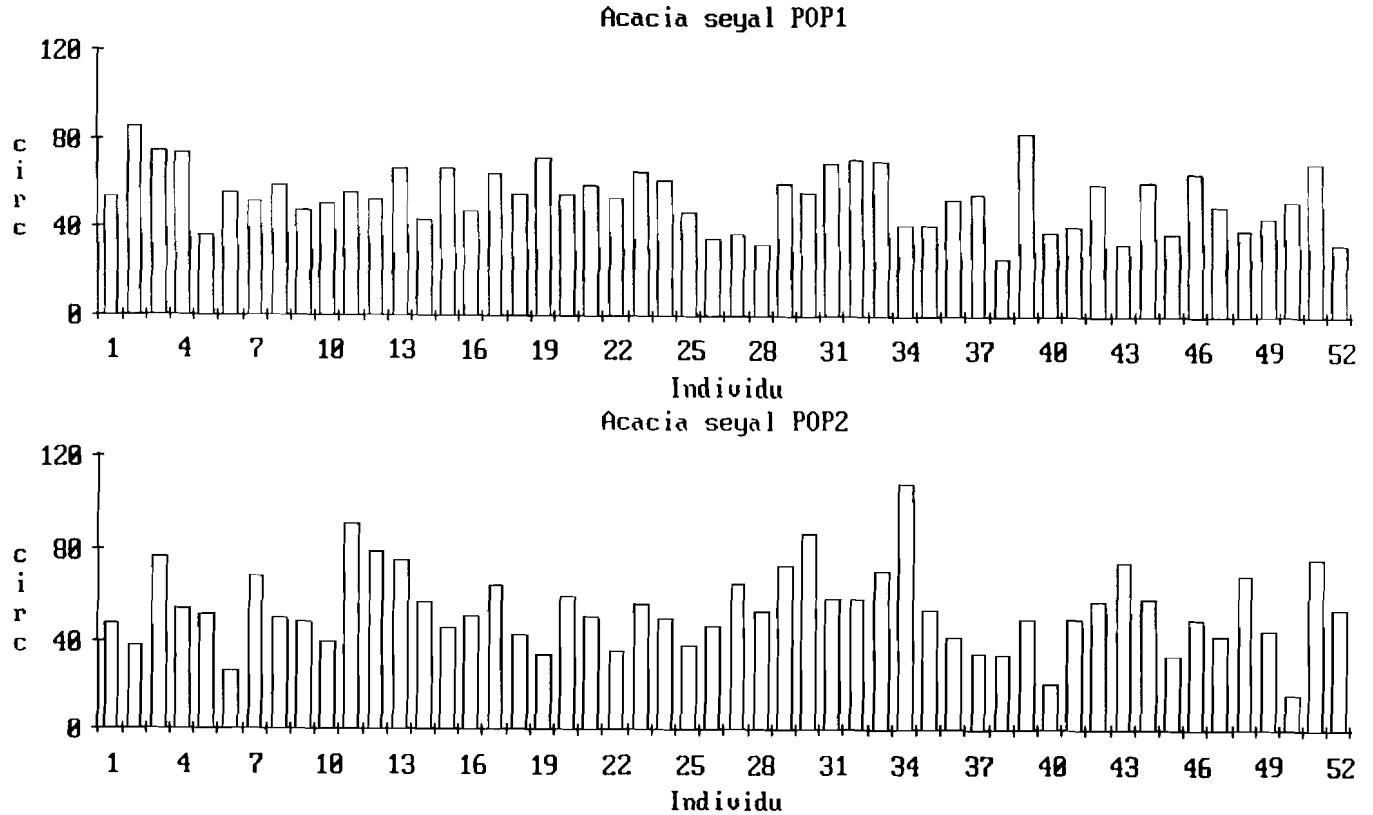
Figure 6 : Influence de l'humidité relative de l'air sur le débourrement de *Acacia adansonii* (H5 = somme des humidités des 5 jours précédant le débourrement ; ; H30 = somme des humidités des , 30 jours précédant le débourrement)

Figure 7 : Influence de la température sur le débourrement d'*Acacia adansonii* (T5 = somme des températures des 5 jours précédant le débourrement ; ; T30 = somme des températures des , 30 jours précédant le débourrement)

Figure 8 : Variation du coefficient de détermination en fonction de la durée de calcul des sommes de température

Figure 9 : Ajustement à un modèle exponentiel de la température sur le débourrement de *Acacia adansonii*

Figure 1 : Structure des populations d'*Acacia seyal* (données de base)



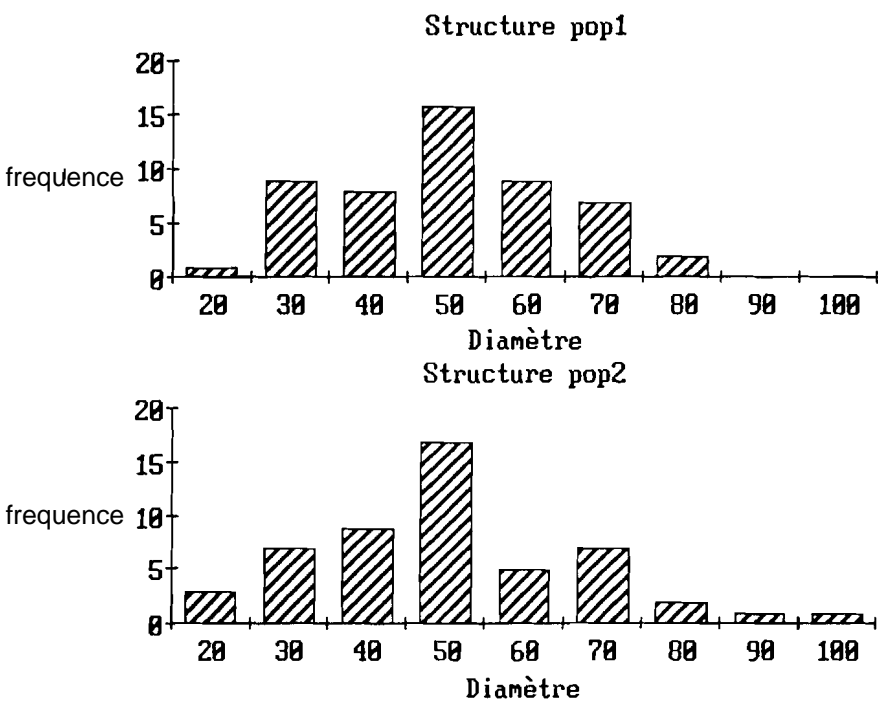


Figure 2 : Structure des populations d'*Acacia seyal* (données regroupées par classe de diamètre)

Fig. 3. Phénogramme de *Combretum aculeatum*

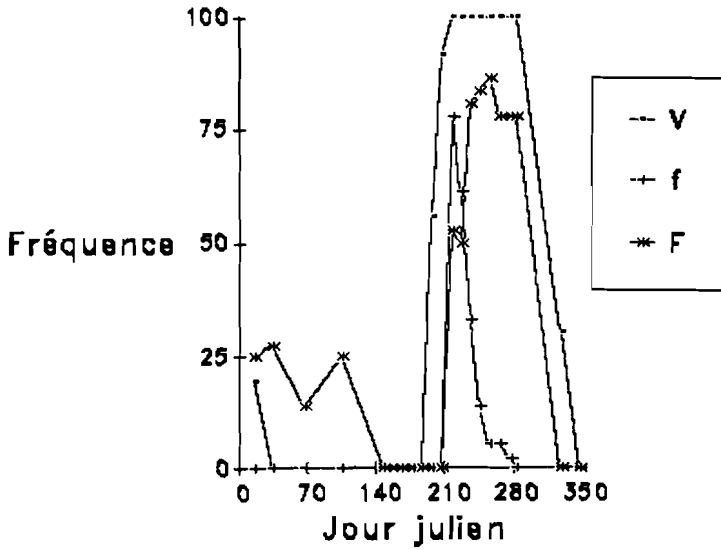


Fig. 4. Pluviométrie de l'année 1978
Windé (Mare d'Oursi)

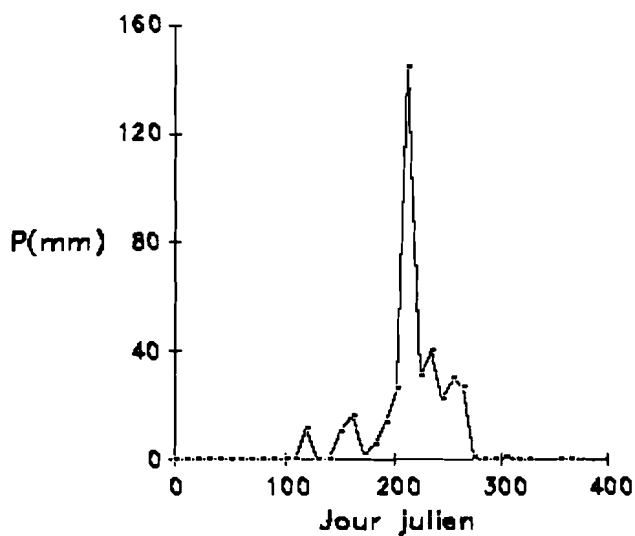


Figure 5 : Influence de la pluviométrie sur le débourrement d'*Acacia adansonii* (P5 = quantité des 5 jours précédant le débourrement ; d'*Acacia adansonii* P10 = quantité de pluie des 10 jours précédant le débourrement ;; P30 = quantité de pluies des; 30 jours précédant le débourrement)

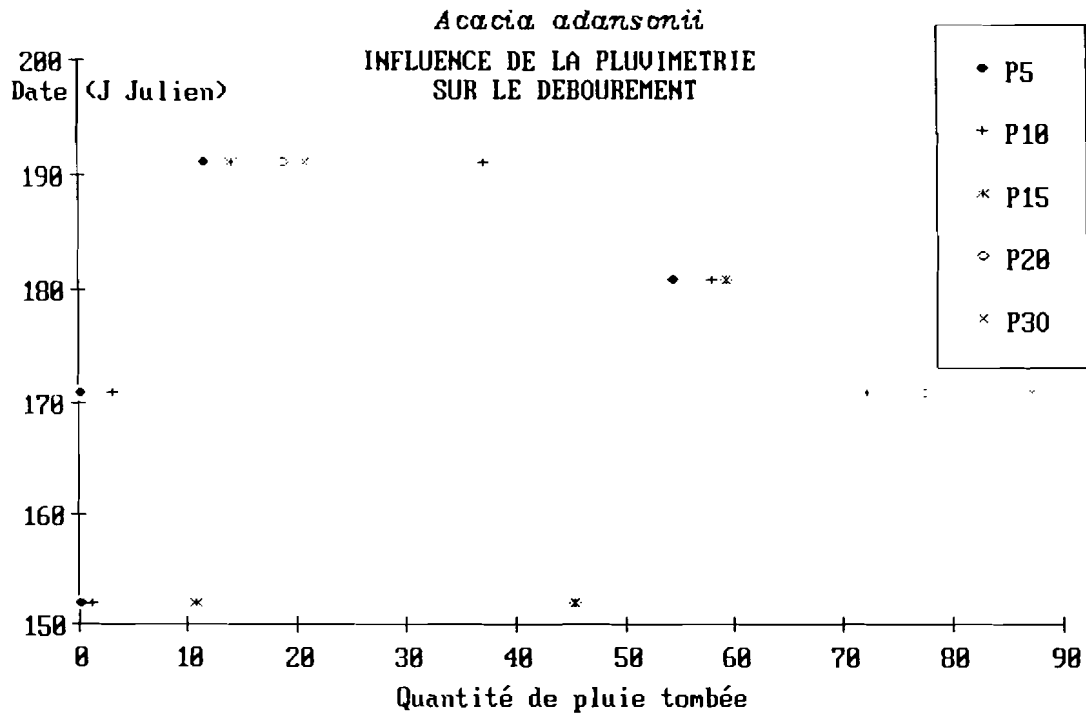
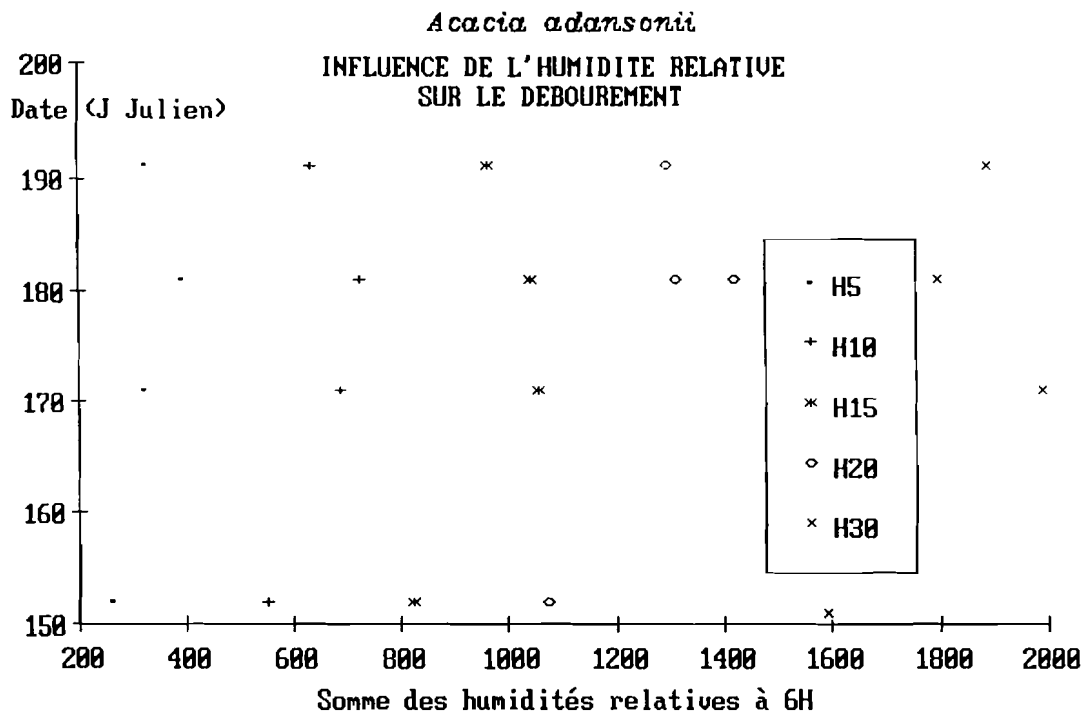


Figure 6 : Influence de l'humidité relative de l'air sur le débourrement d'*Acacia adansonii* (H5 = somme des humidités des 5 jours précédant le débourrement ;; H30 = somme des humidités des;30 jours précédant le débourrement)



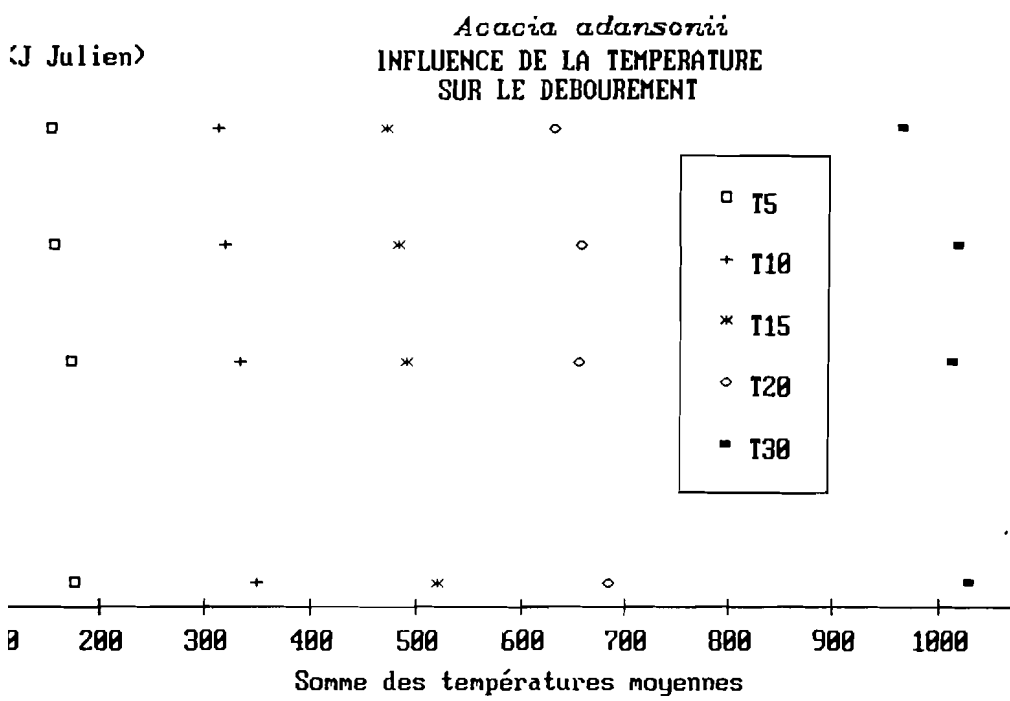


Figure 7 : Influence de la température sur le débournement de d'*Acacia adansonii* (T5 = somme des températures des 5 jours précédant le débournement ;; T30 = somme des températures des; 30 jours précédant le débournement)

VARIATION DU COEFFICIENT DE DETERMINATION
Acacia adansonii

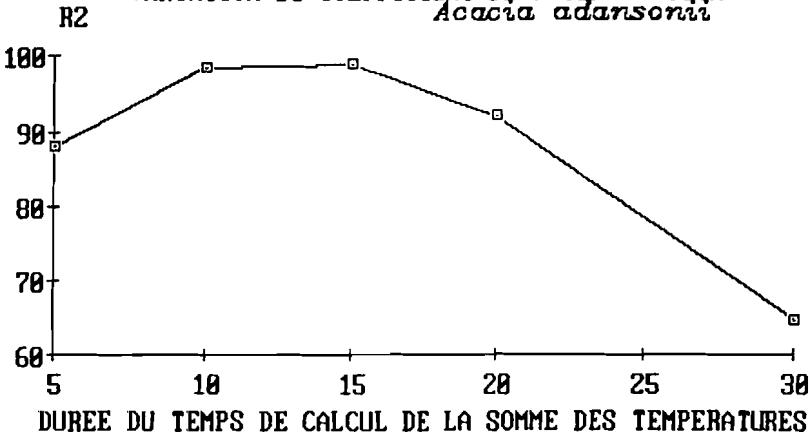


Figure 8 : Variation du coefficient de détermination en fonction de la durée de calcul des sommes de températures

Influence de la somme des températures
sur le débourrement d'Acacia adansonii

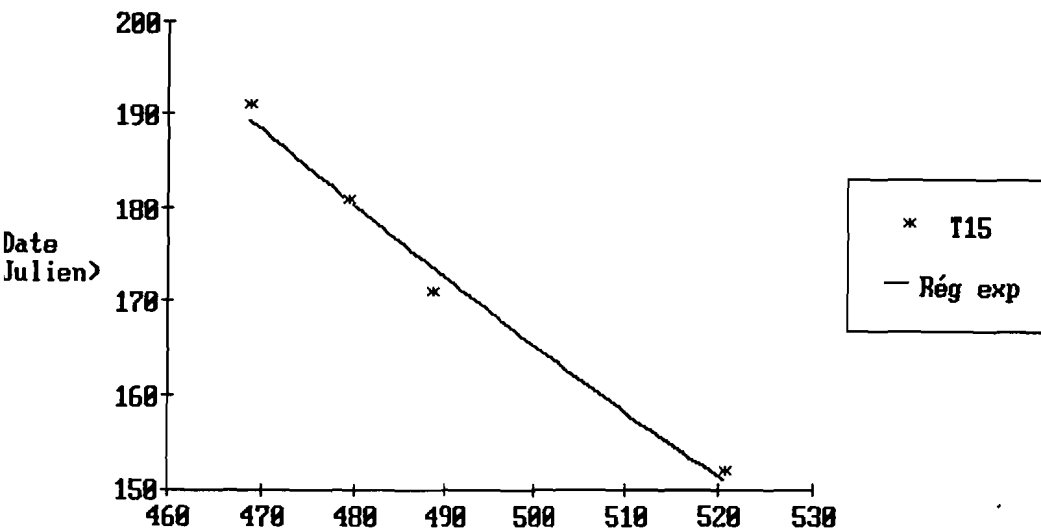


Fig.9.- Somme des températures des 15 jours
précédant le débourrement

	Abcisses	Ordonnées
1	r^2	0.98781553261117
2	r^2 corrigé	0.98172329891676
3	Erreur type d'estimation	0.013227790018335
4	Coefficient de Corrélation	-0.98991072596548
5	Valeur du Coefficient A0	1450.876132818
6	Erreur type du Coefficient A0	0.16707917870884
7	T de Student du Coefficient A0	8623.7638540596
8	Valeur du Coefficient A1	-0.0043453303659285
9	Erreur type du Coefficient A1	0.00034125041410836
10	T de Student du Coefficient A1	-12.733553385663