

Acacia tortilis, *Dagana* (Sénégal) 1939.

Photo Adam.

ESSAI DE DENDROCLIMATOLOGIE EN CLIMAT SAHÉLIEN SUR *ACACIA RADDIANA*⁽¹⁾

par Alain MARIAUX.

*Chef de la Division d'Anatomie des Bois
au Centre Technique Forestier Tropical.*

SUMMARY

A DENDROCLIMATOLOGY TRIAL ON ACACIA RADDIANA IN THE SAHELIAN CLIMATE

Following the very dry years which the Sahelian zone has recently suffered, an attempt has been made to use the increase of the width of the growth layers in girth of certain old trees to determine whether such series of dry years have already occurred. Annual rings are observable, but are very irregular ; the trees are not very old, and individual variations are marked. Factors relating to the activity of the cambium in a dry tropical climate must be more accurately specified in order to interpret the widths of annual rings.

(1) Communication à la session de l'Association internationale des Anatomistes du Bois, XII^e congrès international de botanique, Leningrad, Juillet 1975.

ENSAYO DE DENDROCLIMATOLOGIA EN CLIMA SAHELIANO SOBRE ACACIA RADDIAMA

Tras las sequías experimentadas durante los pasados años, que han castigado duramente a la región saheliana, se ha intentado utilizar la anchura de los crecimientos acusados por algunos árboles de gran edad, con objeto de investigar si dichas series de años secos se han producido ya en épocas pasadas. Los anillos de crecimiento son observables, pero sumamente irregulares, los árboles no son muy viejos y las variaciones individuales sumamente acusadas. Los factores de actividad del cambium en clima tropical seco deben ser interpretadas de forma más completa para así interpretar debidamente las anchuras de los anillos de crecimiento.

La situation catastrophique de la zone sahélienne, c'est-à-dire des régions les plus sèches au Sud du Sahara, en 1972 par suite du déficit des pluies plusieurs années consécutives, a provoqué de nombreux commentaires sur la désertification du Sahel. On s'est demandé surtout si la région avait déjà connu dans le passé de telles séries d'années sèches, et si, dans ce cas, il s'agirait d'un phénomène cyclique.

Des relevés pluviométriques dans les régions concernées existent et donnent une première réponse sous deux réserves :

1° La plupart ne remontent pas loin dans le passé, du moins avec des mesures comparables en un même lieu. Les données les plus anciennes sont celles du Sénégal que J. P. NICOLAS, dans Bioclimatologie Humaine de Saint-Louis du Sénégal (IFAN, 1959), commente ainsi :

« La tendance générale de la courbe serait à l'amortissement et à une diminution générale de la pluviosité. Encore faut-il considérer que ces variations doivent s'inscrire dans une périodicité beaucoup plus vaste, qui nous échappe actuellement. »

Il fait d'ailleurs des réserves sur la fiabilité des mesures.

2° La répartition des pluies a souvent beaucoup d'importance, et il n'est pas tellement facile de définir, d'après les données météorologiques, un indice simple d'années favorables ou non.

C'est pourquoi, de divers côtés, on nous a demandé si nous ne pourrions pas trouver dans les cernes des bois des informations utiles. Nous avons donc essayé d'appliquer nos modestes connaissances en matière de cernes à quelques arbres du Sahel, pour rechercher si la largeur des accroissements montre une certaine périodicité dans ses variations, en admettant que cette largeur puisse être considérée comme un indice direct d'année fertile.

Dès maintenant, il faut souligner le caractère aléatoire de cette tentative, car nos études antérieures ont permis de définir pour quelques essences tropicales comment se présente une couche d'accroissement annuelle normale, en vue de donner des estimations d'âge et de croissance, mais je n'ai jamais pensé obtenir une certitude totale sur toutes les limites de cernes, et pouvoir ainsi dater chaque cerne.

En outre, la dendrochronologie et la dendroclimatologie ne sont pas familières aux forestiers tropicaux, et c'est donc surtout sous l'angle de la nature des cernes en zone très sèche que j'apporte cette contribution.

MATÉRIEL D'ÉTUDE

La nécessité, pour que cette étude ait une chance d'être utile, de remonter le plus anciennement possible dans le temps, nous obligeait à analyser des arbres vieux, mais encore bien vivants, donc de fort diamètre. C'était un problème bien difficile dans un pays sahélien pour trois raisons :

1° D'abord, il fallait choisir des arbres dont la nature de cerne nous soit relativement connue. Or, notre expérimentation en zone sèche a été assez limitée et difficile.

2° Ensuite, la dispersion des arbres, très clair-semés dans ces régions, et la fréquence des dégradations qu'ils présentent (élagage pour l'alimentation du bétail) rendaient assez laborieuse la découverte de quelques pieds satisfaisant aux

conditions requises d'espèce, de taille et de qualité.

3° Enfin, il arrive souvent que les seuls beaux arbres bien respectés dans un secteur soient situés dans les villages dont ils assurent l'ombrage. Il est alors difficile d'en demander l'abattage. En fait, c'est sur l'emplacement d'un ancien village que nous avons pu récolter notre plus gros arbre : 75 cm de diamètre.

Ces différentes raisons nous ont conduit à choisir *Acacia raddiana* (1). Cette espèce atteint parfois une belle taille, même en zone très sèche. Elle

(1) *Acacia raddiana* Savi = *A. tortilis* Hayne pro parte (Légumineuse mimosoidée), appelé Seng en Ouolof au Sénégal, et Bissaou en Djerma au Niger.

Bois d'Acacia raddiana vu en bout, finement poli pour l'observation des cernes ($\times 3$).

est abondante et ne pousse pas au bord des mares où la persistance de l'eau s'ajoute à l'action des pluies (cas de *A. nilotica*). Le plan ligneux des *Acacia* est relativement favorable au repérage des cernes par rapport aux rares autres espèces envisageables. Ainsi, *Balanites aegyptiaca*, également abondant et assez gros, a des cernes enchevêtrés d'analyse impossible.

Nous avons obtenu l'autorisation de récolter au Sénégal et au Niger.

Au Sénégal, 4 arbres ont été abattus le 27 janvier 1973 au Nord du pays dans la réserve de M'Pal, entre Saint-Louis et le lac de Guiers. On a prélevé une rondelle transversale près de la base.

<i>Acacia raddiana</i> , Réserve de M'Pal, Sénégal		
N° de l'arbre	Diamètre (cm)	Aubier (cm)
1	75	7
2	24	11
3	34	7
4	37	7

Au Niger, on a coupé 3 *Acacia raddiana* le 7 février 1973 près de la frontière du Mali, à 180 km environ au Nord de Niamey (entre Ouallam et la frontière, à Banibangou).

<i>Acacia raddiana</i> , Ouallam, Niger		
N° de l'arbre	Diamètre (cm)	Aubier (cm)
591	39	10
594	32	5 à 10
595	52	12

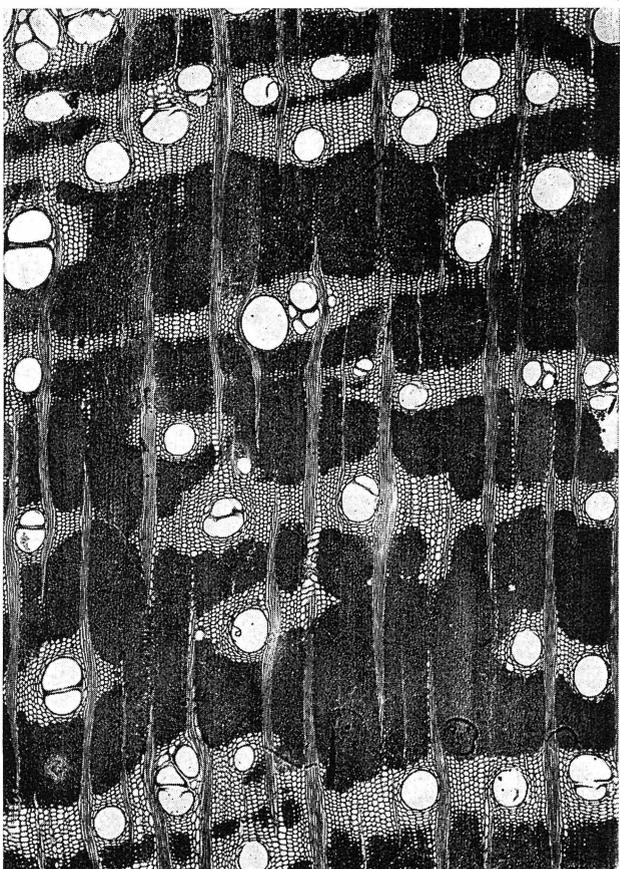
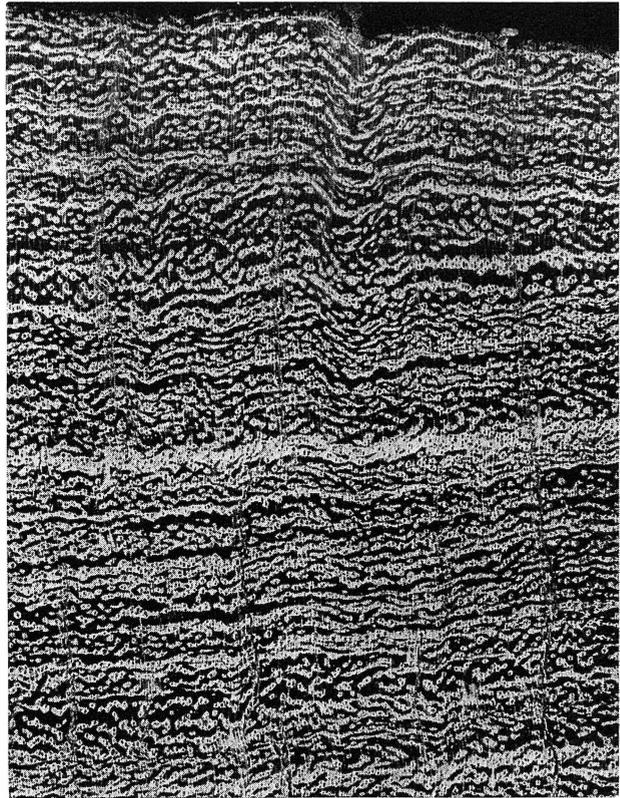
J'avais aussi coupé d'autres espèces dans la région Est de Niamey ; ces arbres (*Combretum* sp. pl., *Prosopis africana*) seront cités accessoirement.

Les rondelles, proprement recoupées puis séchées, ont été polies très finement, ce qui a permis des observations détaillées souvent nécessaires pour déceler la présence de certaines limites.

NATURE DES CERNES

Le premier problème était d'individualiser les cernes, c'est-à-dire de bien déterminer le caractère

Coupe transversale d'Acacia raddiana ($\times 40$). La flèche indique une ligne de limite de cerne qui est masquée à droite dans une plage de parenchyme.



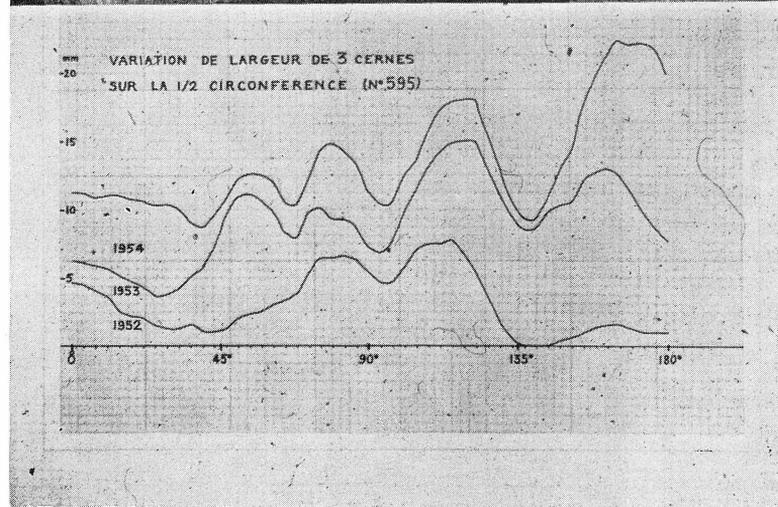
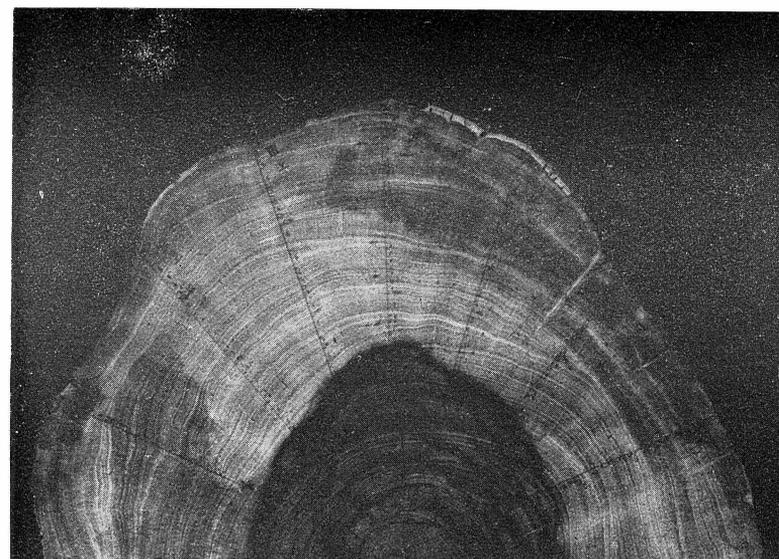


FIG. 1. — Variation de largeur de 3 cernes consécutifs mesurée le long d'une demi-circonférence.

anatomique visible marquant la séparation entre deux couches annuelles successives.

Pour cela, nous disposons d'expérimentations antérieures qui avaient délimité 1 ou 2 couches d'accroissement annuelles par des incisions du cambium dans 10 *Acacia* sahéliens divers, au Niger. Les 12 « cernes » ainsi marqués présentent des caractères tout à fait semblables quant à leurs limites.

Le plan ligneux — ou structure macroscopique — d'un cerne d'*Acacia raddiana* est dominé par l'importance du parenchyme.

Les vaisseaux sont de taille moyenne et sans variation significative du bois initial au bois final. Leur répartition est irrégulière et parfois ils forment des alignements tangentiels que l'on pour-

rait appeler zone semi-poreuse, mais très fragmentée.

Les fibres forment un tissu assez uniforme, très dense, jaune dans l'aubier, rouge dans le bois parfait. Les parois très épaisses et la cavité réduite ne donnent pas de différence significative et de changement brusque entre bois final et bois initial suivant.

Le parenchyme est associé aux vaisseaux (paratrachéal), épais, aliforme ou anastomosé. C'est son abondance très variable qui donne la variabilité d'aspect des cernes : les zones sombres du bois sont celles où le parenchyme est peu abondant et circumvasculaire. Les zones claires ont un parenchyme abondant, anastomosé en bandes épaisses irrégulières, obliques ou tangentiels. Mais il n'y a pas de loi de répartition progressive de parenchyme dans chaque cerne : il peut aussi bien être abondant en début, en milieu ou en fin de cerne. Une de ces larges bandes n'est jamais une limite d'année.

Beaucoup plus difficiles à voir, les vraies limites sont tracées par une ligne très fine de parenchyme qui apparaît parmi les fibres mais disparaît quand elle rejoint du parenchyme paratrachéal. Elle est constituée de cellules très aplaties.

Si difficile qu'elle soit à voir dans tous les cas, cette ligne est la seule marque d'une vraie limite. Il faut donc suivre les grosses bandes pour s'assurer qu'une ligne fine n'y est pas associée par endroit.

Ajoutons que, sur la périphérie des arbres âgés, les cernes ont tendance à devenir très ondulés en même temps que très étroits, et les lignes limitantes (ou lignes « terminales ») sont alors difficiles à séparer des bandes associées aux pores. On risque donc particulièrement des erreurs au voisinage de l'écorce, point de départ de notre décompte des années.

Variabilité de largeur d'un cerne.

Dans certains arbres, les cernes ne sont pas réguliers. Un même cerne, suivi sur toute la circonférence, montre des variations considérables et irrégulières de largeur : rétréci par endroit à 1 mm, par exemple, et élargi un peu plus loin à 12 mm, les cernes suivants compensant en partie ces différences. Cela va jusqu'aux cernes partiellement nuls dont les limites confluent en une seule sur une partie de la circonférence.

Mesure des largeurs.

Ce qui précède montre toute la difficulté d'une appréciation valable de la largeur moyenne d'un cerne. Il fallait d'abord repérer les limites et, pour cela, travailler sous un stéréomicroscope avec un grossissement $\times 10$ environ, et cependant exa-

miner les cernes sur une grande longueur de circonférence.

Ensuite, nous avons mesuré la largeur de chaque cerne sur plusieurs rayons, en dixièmes de millimètres (voir graphiques), le nombre de rayons utilisés dépendant de la régularité de la croissance. Enfin, nous avons fait la moyenne des largeurs mesurées cerne par cerne.

EXPRESSION DES RÉSULTATS ET COMMENTAIRES

Nous avons exprimé les variations de croissance annuelle (largeur de cerne) par des « profils » dont l'abscisse représente les années. D'un graphique à l'autre, la même année se superpose, afin de faciliter les comparaisons. En ordonnée est portée la largeur moyenne du cerne de l'année présumée.

Âge des arbres.

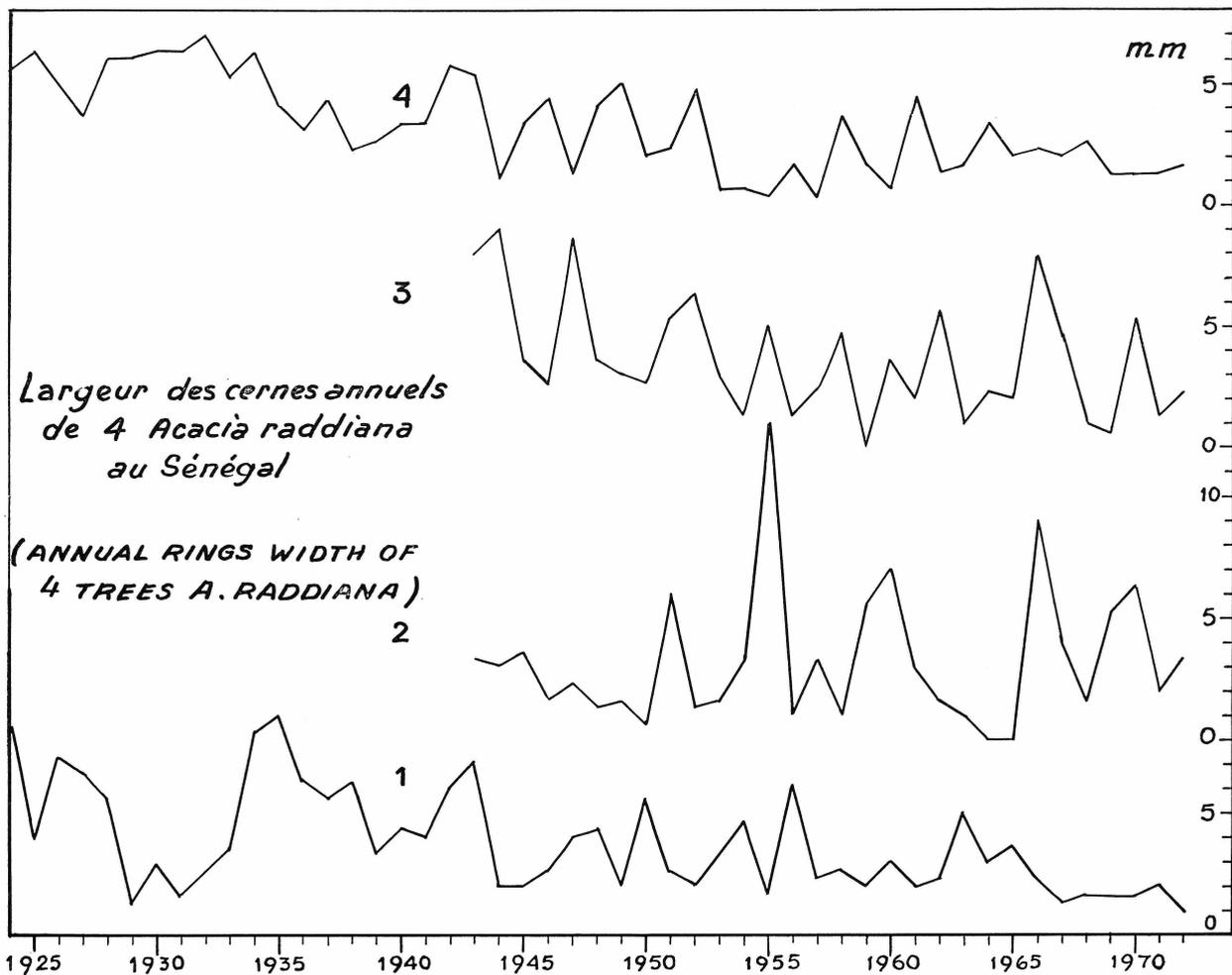
Une première constatation : le nombre des cernes est très inférieur à celui que nous attendions ;

en particulier dans le plus gros Acacia. Pour un diamètre de 75 cm, cet arbre ne dépasse pas 80 ans environ (75 cernes comptés, plus quelques cernes mal définissables près de la moelle), alors que l'on pouvait imaginer une croissance beaucoup plus ralentie dans une zone aussi sèche, et que nous pensions avoir à dénombrer beaucoup plus de 100 ans.

Les autres arbres, plus petits, ne remontent qu'à 20 à 50 ans.

Il faut remarquer que les 7 arbres — même le plus gros — ont une largeur d'aubier très impor-

FIG. 2



Largeur des cernes de 3 *Acacia raddiana* au Niger

ANNUAL RINGS WIDTH OF 3 TREES *A. RADDIANA*

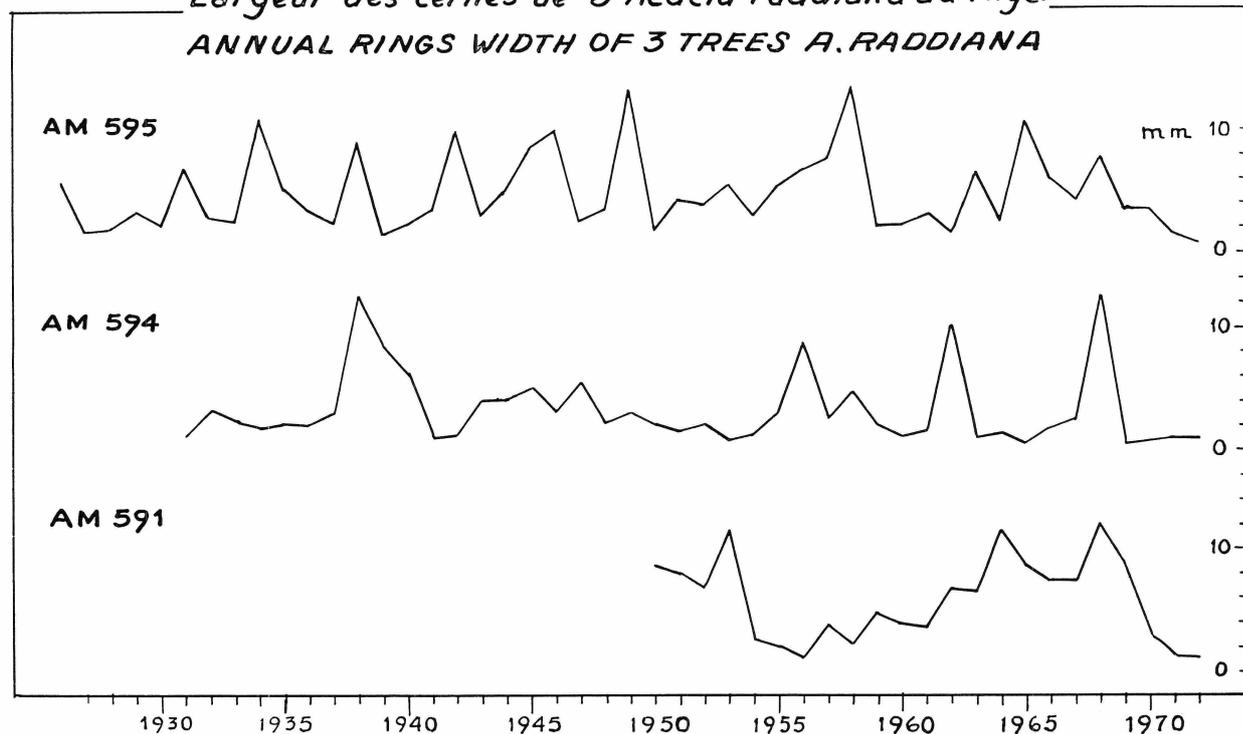


FIG. 3

tante, ce qui est une preuve de grande vitalité. Si les arbres étaient très vieux, l'aubier serait étroit.

Variabilité annuelle.

Après l'âge relativement jeune des arbres, l'observation la plus frappante est l'extrême variabilité de la croissance annuelle, non pas selon des phases étalées sur des dizaines d'années, mais d'une année à l'autre. Parfois, c'est une alternance en dent de scie, comme si une année forte entraînait une année suivante faible. A tel point que nous nous sommes demandé si nous n'avions pas pris systématiquement pour une année faible le dédoublement de la ligne terminale d'un cerne large. Mais un examen très attentif de ces limites ne nous donne aucune raison de le penser, pas plus que les cernes datés sur lesquels nous nous basons. Seule, une expérimentation prolongée pendant de nombreuses années, nous éclairerait sur ce point.

Discordance des courbes.

Vérifier que les variations des cernes rendent compte des variations climatiques suppose d'abord que les différents arbres de la même station varient simultanément, ce qui prouverait que nous n'avons fait aucune erreur sur l'individualisation et la datation des cernes, ni sur l'appréciation de leur valeur moyenne dans le cas de cernes très irréguliers.

Un simple examen des profils montre qu'il en est rarement ainsi.

Au Sénégal, l'année notée « 1970 » a été bien meilleure que les 2 années suivantes pour 2 arbres sur 4. L'année « 1966 », de même. Si l'on admet que les arbres 2 et 3 ont plus d'affinités de comportement, ils ne coïncident cependant que pour 62 % de leurs variations sur 29 années.

De même, au Niger, les discordances apparaissent vite, bien que les dernières années s'accordent assez correctement sur une excellente année « 1968 » suivie d'années de plus en plus mauvaises jusqu'à 1972.

Cependant, nous avons étudié aussi d'autres arbres dans la région de Niamey (environ 50 km à l'Est de cette ville) : 5 *Combretum* divers et 1 *Prosopis*. Bien qu'ils aient aussi de fortes discordances, nous nous sommes aperçu que la moyenne des arbres de Ouallam et la moyenne des arbres de Niamey avaient une grande ressemblance : la coïncidence des variations des moyennes est de 64 % (avec un nombre d'arbres décroissant au-delà de 1950) et le coefficient de corrélation de 1950 à 1972 est $r = 0,69$.

Ceci prouve que nos lectures des cernes ne sont pas tellement fausses et que, malgré les grands écarts individuels, il y a une influence commune du climat qui apparaît.

PLUIE ANNUELLE et
LARGEUR MOYENNE de CERNE

—————

*Annual rainfall &
mean ring width*

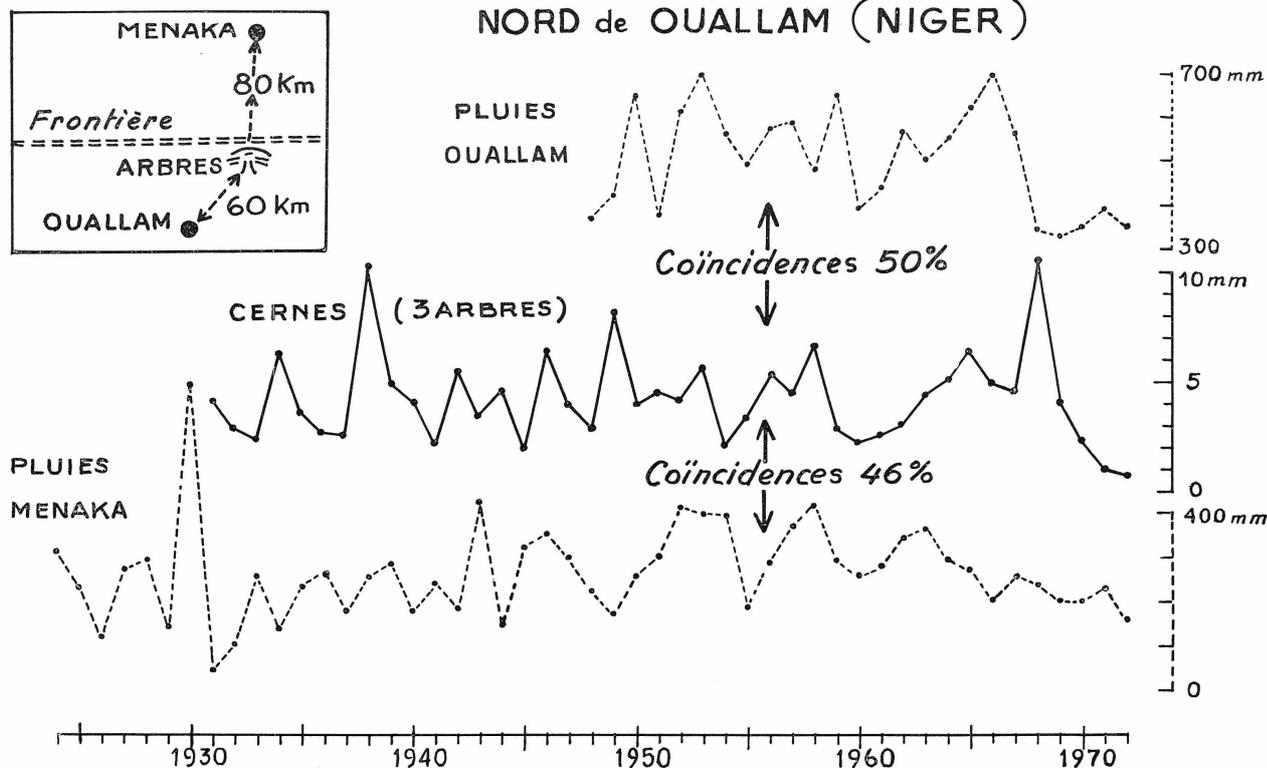


Fig. 6

Relations avec les pluies.

Nous avons déduit de la remarque précédente qu'il est plus intéressant de rapprocher la courbe des pluies annuelles de celle des moyennes de plusieurs arbres plutôt que des arbres individuels.

Un premier graphique compare les pluies et les cernes annuels au Sénégal. Il n'apparaît aucune ressemblance entre les courbes.

Au Niger, la dissemblance est encore pire et elle est compliquée par l'éloignement des stations météorologiques. Les arbres étaient environ à 80 km au Nord-Est de la Station de Ouallam et à 60 km au Sud de la Station de Menaka (Mali). Nous avons représenté les 2 relevés de pluies annuelles, très différents, et placé au milieu le profil moyen des cernes.

Contrairement aux pluies qui ont faibli très gravement dès 1968, les cernes auraient été très larges cette année-là. Bien que l'on retrouve remarquablement cette excellente année sur les arbres de

l'Est de Niamey, on peut s'étonner d'une pareille opposition et envisager l'hypothèse du décalage d'un cerne par erreur sur l'ensemble des arbres étudiés.

Nous avons donc repris l'examen des bois en nous demandant s'il n'y aurait pas trace d'un cerne nul ou presque à la limite du cambium, sur toutes les rondelles. Pour certains arbres, de petits fragments de cernes apparaissent dans les secteurs à croissance très forte. Pour d'autres arbres, il faut admettre un cerne entièrement nul, mais cela n'a rien d'impossible puisque certains le sont déjà partiellement. La même observation est valable sur les *Combretum* de Niamey.

Dans ces conditions, la dernière année très bonne ne serait plus 1968 mais 1967, en accord avec les pluies. Cependant la translation d'une année en arrière des profils de cernes n'apporte aucune amélioration des coefficients de corrélation entre pluies et largeurs de cernes à Ouallam comme à Niamey.

CRITIQUES

Les critiques à ce premier essai de dendroclimatologie sahélienne seraient nombreuses et faciles. Nous devons essayer d'en tirer quelques enseigne-

ments positifs et quelques ouvertures sur des questions diverses.

— **Tout d'abord sur les cernes eux-mêmes :**

1° D'une façon générale, dans les bois tropicaux les cernes sont plus faciles à déterminer quand ils sont larges, et ici, nous avons beaucoup de cernes très étroits. La limite est très précise, contrairement à beaucoup de bois de forêt tropicale humide, mais elle est peu visible, le bois n'a pas d'hétérogénéité entre bois initial et bois final. Le rythme brutal des saisons avec arrêt prolongé de végétation laisse dans le bois une trace très faible.

2° Les cernes peuvent être nuls, sur un secteur ou totalement, d'une façon qui n'est pas discernable sur la limite double. Cela est un handicap considérable pour la chronologie.

3° La largeur d'un cerne est très variable, nécessitant de nombreuses mesures pour obtenir des moyennes justes.

— **Ensuite sur la physiologie de l'arbre :**

1° Les cernes sont très différents d'une année à l'autre, donc très sensibles aux variations climatiques.

2° La largeur des cernes est peut-être une expression de la fertilité d'une année qui ne s'accorde pas parfaitement avec la conception agricole ou pastorale de cette fertilité : l'arbre a son comportement propre dû à son enracinement profond, qui récupère les réserves d'humidité du sol. Il a aussi ses propres réserves.

3° Il ne faut pas oublier les traumatismes qu'a pu subir l'arbre : nous avons vu des arbres fortement ébranchés pour l'alimentation des animaux. Cette opération très courante perturbe évidemment l'activité de l'arbre pendant une durée inconnue.

— **Enfin sur la chronologie et la climatologie :**

1° Il faut considérer que la datation précise de tous les cernes avec une certitude absolue est au-dessus de nos possibilités actuelles en raison des cernes nuls ou de l'accumulation de cernes infimes.

2° Les écarts individuels semblent suggérer de faire la moyenne de plusieurs arbres pour obtenir

**PLUIES ET CERNES
AVEC HYPOTHESE
CERNE NUL EN 1972**

*Rainfall & tree-rings
with Hypothesis
null ring in 1972*

OUALLAM

PLUIES

CERNES

NIAMEY

PLUIES

CERNES

1950 1960 1970

FIG. 7

une variation moyenne régionale à rapprocher des facteurs climatiques.

3° Il est évidemment très grossier d'utiliser la hauteur de pluie annuelle, et il serait intéressant de préciser les conditions les plus favorables à la formation d'une grosse quantité de bois. On peut penser que la pluie est bien le facteur limitant de l'activité du cambium dans ces régions très sèches, mais la longueur de la saison des pluies, sa continuité, les quantités inutiles éliminées par ruissellement, les variations d'humidité de l'air, l'effet cumulatif de plusieurs années sèches et bien d'autres facteurs de correction devraient être pris en considération.

Nous remercions le Service des Eaux et Forêts et le Centre Technique Forestier Tropical du Sénégal, le Service des Eaux et Forêts et le Centre Technique Forestier Tropical du Niger, enfin le Service d'Hydrologie de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer, qui, chacun en ce qui le concerne, nous ont grandement aidés dans ce travail.