

# LE PROJET ECEREX (Guyane)

ANALYSE DE L'ECOSYSTEME FORESTIER  
TROPICAL HUMIDE ET DES MODIFICATIONS  
APPORTEES PAR L'HOMME

—o—

G.E.R.D.A.T. (C.T.F.I.)

I.N.R.A.

MUSEUM

D.R.S.T.O.M.

JOURNÉES DE CAYENNE  
4-8 MARS 1983

LE PROJET ECEREX

-0-

ANALYSE DE L'ECOSYSTEME FORESTIER  
TROPICAL HUMIDE ET DES MODIFICATIONS  
APPORTEES PAR L'HOMME

-\*\_\*\_\*\_\*\_\*

JOURNEES DE CAYENNE

4-8 MARS 1983

-\*\_\*\_\*\_\*\_\*

G.E.R.D.A.T. (C.T.F.T.)

I.N.R.A.

MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

ORSTOM

LISTE DES PARTICIPANTS

=====

-{}--{}--{}-

Participant Etrangers :

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| . Dr M. DOURROJEANI     | Directeur du Programma Académica de Ciencias Forestales Université la MOLINA - LIMA (PEROU) |
| . Dr H. SCHUBART        | Vice Directeur de l'I.N.P.A. MANAUS - (BRESIL)  |
| . Dr A.DOS SANTOS       | Ecologie Végétale. I.N.P.A.   |
| . Dr W. TORRES ESPINOZA | Directeur de l'INCRAE QUITO - (EQUATEUR)  |
| . Dr P. SCHMIDT         | Ecologie Forestière CELOS - Paramaribo - (SURINAM)  |
| . R. NGON LIM SANG      | Ecologie Végétale. CELOS - Paramaribo - (SURINAM)   |
| . Dr ORTEGA             | Service Forestier du Nicaragua (n'a purejoindre la Guyane qu'après les journées de débats)  |

Participants Français :

- |              |   |
|--------------|---|
| . BAILLY C.  | Centre Technique Forestier Tropical - Nogent -                |
| . MALVOS C.  | " " "   |
| . KILIAN J.  | Institut de Recherche sur l'Agronomie Tropicale - Montpellier |
| . DUCREY M.  | Institut National de la Recherche Agronomique - GUADELOUPE    |
| . GUEHL J.M. | " " " C.N.R.F. - Nancy -                                      |
| . HUCK R.    | " " " " "   |

.../...

. BETSCH J.M.	Museum National d'Histoire Naturelle - BRUNOY -
. BLANCANEAUX P.	Pédologue - ORSTOM - VENEZUELA
. DUBREUIL P.	Représentant ORSTOM-GERDAT -BRASILIA-
. GUILLAUMET J.L.	Botaniste -ORSTOM-INPA-MANAUS
. HUMBEL F.X.	Pédologue-ORSTOM-PARIS
. KAHN F.	Botaniste ORSTOM-INPA-MANAUS
. HUTTEL C.	Botaniste-ORSTOM-QUITO
. ROCHE M.A.	Hydrologue -ORSTOM-BOLIVIE
. ALEXANDRE D.Y.	Ecologiste Végétal ORSTOM-CAYENNE
. AYPHASSORHO M.	Centre Technique Forestier Tropical - KOUROU -
. BARTHES B.	Pédologue -ORSTOM-CAYENNE
. BERAU M.	Phytopathologiste-INRA- CAYENNE
. BOULET R.	Pédologue-ORSTOM-CAYENNE
. CARCENAC Y.	Electricité de France -CAYENNE
. DOMALLAIN D.	Directeur Départemental de l'Agric- ulture - CAYENNE
. de FORESTA M.	Botaniste - U.S.T.L. - MONTPELLIER
. FRITSCH J.M.	Hydrologue-ORSTOM- CAYENNE
. GAZEL M.	Office National des Forêts-CAYENNE
. GODON P.	G.E.R.D.A.T. - I.R.A.T. -GUYANE
. de GRANVILLE J.J.	Botaniste-ORSTOM- CAYENNE
. JACQUEMIN H.	Chimiste-ORSTOM-CAYENNE
. LEROUX M.	Botaniste ORSTOM- CAYENNE
. LESCURE JP.	Botaniste ORSTOM-CAYENNE
. LUCAS Y.	Pédologue ORSTOM-CAYENNE
. MAROT A.	Bureau de Recherches Géologiques et Minières -GUYANE
. MORETTI C.	Chimiste ORSTOM-CAYENNE
. NAGEL J.L.	Bureau de Recherches Géologiques et Minières -GUYANE
. PLAT R.	" " " "
. PREVOST M.F.	Botaniste ORSTOM-CAYENNE
. PROST M.T.	Géomorphologue -GUYANE

.../...

. de ROUVILLE S.	Institut National de la Recherche Agronomique - CAYENNE
. TESTARD J.	Bureau de Recherches Géologiques et Minières - GUYANE
. SARRAILH J.M.	Centre Technique Forestier Tropical - KOUROU
. SOKLOU WOROU	Pédologue ORSTOM-CAYENNE
. SOPENA J.	Office National des Forêts -GUYANE
. TISSANDIER J.	Représentant de l'ORSTOM en GUYANE

ORGANISATION DES JOURNEES  
ET SOMMAIRE DES COMMUNICATIONS PRESENTES

-|--|--|--|

Vendredi 4 Mars

SESSION I

Présidence : Dr SCHUBART-INRA-MANAUS

C. BAILLY - C.T.F.T.-NOGENT

Accueil -

- La genèse du projet - C. BAILLY - C.T.F.T.- Nogent
- Place du projet dans l'ensemble des projets MAB. 2  
J.L. GUILLAUMET-ORSTOM-MANAUS
- Le projet ECEREX : Présentation du programme de recherches, 3  
protocole d'étude.  
J.M. SARRAILH - C.T.F.T. - KOUROU

- Discussion

7

- Méthode d'étude des couvertures pédologiques dans l'opération 23  
ECEREX. Y. LUCAS - PEDOLOGUE - ORSTOM CAYENNE -
- Organisation des couvertures pédologiques des bassins versants  
R. BOULET - PEDOLOGUE-ORSTOM CAYENNE -

- Discussion

53

SESSION II

Présidence : Dr. TORRES ESPINOZA-  
IN CRAE-EQUATEUR

P. DUBREUIL-ORSTOM-BRASILIA

- La dynamique de l'eau dans le sol mesuré in situ dans un 53  
système pédologique mixte en forêt primaire.  
J.M. GUEHL, INRA

.../...

Samedi 5 Mars

SESSION III

Présidence : Dr. M. DOURROJEANI :  
Université la Molina - PEROU  
M. DUCREY-INRA-GUADELOUPE

- Comportements hydrologiques comparés et érosion de l'écosystème forestier amazonien à ECEREX. 74  
M.A. ROCHE-HYDROLOGUE-ORSTOM-BOLIVIE
- Evapotranspiration réelle de la forêt amazonienne en Guyane 117  
M.A. ROCHE-HYDROLOGUE-BOLIVIE
- Discussion 132
- Une forêt primaire en Guyane française  
J.P. LESCURE- BOTANISTE-ORSTOM-CAYENNE
- Saisonalité de la fructification en forêt Guyanaise 179  
D. SABATIER-BOTANISTE-ORSTOM-CAYENNE
- Discussion

SESSION IV

Présidence : A. DOS SANTOS, INPA  
J.M. BETSCH, MUSEUM

- mise en place de la parcelle ARBOCEL. Etude de l'évolution du recru sur l'hectare central. 188  
J.M. SARRAILH, Ingénieur de Recherche  
C.T.F.T. - KOUROU
- Etude de la régénération : la végétation secondaire - Piste de Ste-Elie. 195  
M.F. PREVOST-BOTANISTE-ORSTOM-CAYENNE
- A propos de Chablis en forêt Guyanaise, piste de Ste-Elie, 214  
B. RIERA-BOTANISTE-ORSTOM-CAYENNE
- Dissémination des graines de certaines espèces pionnières par les chauves-souris. 226  
P. CHARLES.DOMINIQUE - CNRS  
ECOTROP - BRUNOY
- Hétérogénéité de la végétation pionnière en forêt tropicale exemple d'une coupe papetière en forêt Guyanaise. 234  
H. de FORESTA - BOTANISTE-USTL-Montpellier

.../...

- Recolonisation d'une coupe papetière par les micro-arthropodes du sol, en particulier les collemboles en forêt dense humide guyanaise.

J.M. BETSCH et al ...

367
- Les pluvioléssivats de la forêt tropicale humide (Guyane française). Variations saisonnières qualitatives et quantitatives des éléments.

G. KILBERTUS et al...  
Laboratoire de Botanique  
Université de NANCY

373
- Microflore et activités microbiennes en forêt dense humide Guyanaise.

G. KILBERTUS

375
- Evolution de la matière organique en milieu forestier guyanais.

J.F. TURENNE-PEDOLOGUE  
ORSTOM-FORT DE FRANCE

381
- Les parcelles élémentaires d'études de ruissellement et de l'érosion (programme ECEREX). Synthèse après quatre années d'études.

J.M. SARRAILH-INGENIEUR de Recherches  
C.T.F.T. - KOUROU

394
- Discussion

404

Mardi 8 Mars

- Discussion Générale. Animateur P. DUBREUIL

Cocktail de cloture.

407

LA GENESE DU PROJET

-0-

C. BAILLY

C.T.F.T. NOGENT

-¶--¶--¶--¶-

En 1975, les projets de mise en valeur de la GUYANE comprennent la réalisation d'un projet papetier. Une mission d'expert envoyée pour étudier ce projet évoqua les problèmes d'érosion éventuelle et des contacts furent pris avec l'ORSTOM.

Les travaux de l'ORSTOM montraient la fragilité des sols et la grande diversité des situations. Dès 1975 l'idée est venue de proposer 2 types d'expériences :

- 1er type :

lutte contre l'érosion, maintien de la fertilité, mise au point de systèmes agraires,

- 2e type :

possibilités de mise en valeur et de transformation de l'éco-système forestier tropical et l'impact sur la transformation du milieu. Cette étude étant finalisée vers la mise en valeur de l'éco-système.

Ces projets d'expérimentation ont vu un accueil très favorable. Après une proposition conjointe C.T.F.T. - ORSTOM par BAILLY DUBREUIL, le démarrage de cette opération en bassins versants expérimentaux s'est effectué très rapidement avec la venue du MUSEUM de PARIS, compte-tenu des travaux de nature écologique entrepris par cet organisme. Le financement a pu être trouvé auprès de la D.G.R.S.T.\* par le biais du Comité G.R.N.R.\*\* qui accepta le projet, et aussi par les moyens propres des Organismes. Les crédits du Ministère de la Recherche étaient à but incitatif et depuis 1980, ce financement est achevé et les moyens financiers sont exclusivement assurés par les Instituts de Recherche.

Par la suite, l'INRA, dans les aspects bioclimatiques a rejoint le projet. De plus dès le départ, les gestionnaires du milieu guyanais, D.D.A. et O.N.F. ont été associés à la définition des recherches.

\* Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique.

\*\* Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables.

Des discussions furent constantes pour définir les moyens à mettre en oeuvre et les modèles à tester sur les bassins correspondant aux projets définis par les développeurs.

Dès le départ, un esprit ECEREX a été créé par les chercheurs, un bon exemple est la création d'un instrument de communication : Le Bulletin de liaison ECEREX.

Cette opération a acquis une certaine renommée et a été reconnue par le comité français du M.A.B. et le rapporteur du M.A.B. Monsieur AUBERT, qui n'a pu venir, transmet cependant son soutien.

J'ai le plaisir de voir autant de résultats obtenus sur l'écosystème initial et j'espère que d'ici quelques années une nouvelle réunion permettra de voir les résultats obtenus sur les effets des transformations.

Place d'ECEREX parmi les projets de transformation de l'Ecosystème Forestier Tropical : J.L. GUILLAUMET : Botaniste ORSTOM

ECEREX prend place dans un réseau de projets d'aménagement de la forêt tropicale : projet TAI en Cote d'Ivoire, le projet congolais DIMONICA.

- . TAI est un projet pilote pour l'AFRIQUE Occidentale de langue française, initié avant ECEREX en 1973, il en est actuellement à une phase de réflexion, un bilan d'étape.
- . DIMONICA est un projet inspiré du modèle TAI et ECEREX.

.../.

PRESENTATION DU PROJET ECEREX

-0-

J.M. SARRAILH

C.T.F.T. \* COORDINATEUR DU PROJET

-||--||--||--||--||--

L'Opération "Etude Ecologique de l'évolution de l'Ecosystème Forestier Guyanais sous l'effet des transformations en vue de sa mise en valeur" a été conçue en 1976 pour répondre aux problèmes posés par le plan de développement de la Guyane qui prévoyait l'installation d'une industrie papetière.

Son but est, après une étude du milieu naturel (composition, organisation et fonctionnement), d'analyser l'influence des modifications apportées par l'exploitation de la forêt suivie ou non d'aménagements agro-sylvo-pastoraux. Une action pluriorganisme et pluridisciplinaire a donc été mise en place dans le cadre du programme "L'Homme et la Biosphère" MAB 1 en associant des chercheurs de l'O.R.S.T.O.M.\*, du MUSEUM D'HISTOIRE NATURELLE de PARIS, de l'I.N.R.A.\* et du GERDAT\* (C.T.F.T.\* en particulier, coordonnateur de l'Opération).

Les études s'articulent autour d'une expérimentation en bassins versants comparatifs d'un hectare et demi correspondant à des unités hydrologiques élémentaires, ainsi qu'en parcelles élémentaires de ruissellement et d'érosion.

Le site d'implantation a été choisi sur les schistes du Bonidoro, représentatif de la partie Guyanaise la plus susceptible d'être retenue par les projets d'exploitation papetière.

La répartition des aménagements à tester sur dix bassins versants a été réalisée de concert entre les chercheurs des différentes disciplines et les services départementaux du territoire, ce choix s'appuyant sur l'étude préalable des sols.

En effet, des travaux récents ont montré qu'il existe sur ces sols deux types principaux de dynamique de l'eau au sein des couvertures pédologiques :

- dans l'un, le drainage vertical est libre
- dans l'autre, il est bloqué ou fortement ralenti à faible profondeur suivant le type de sol, il s'en est suivi la répartition suivante :
  - un bassin à drainage vertical libre (D.V.L.) :  
C en verger d'agrumes
  - Quatre bassins à drainage bloqué :  
A, F, G, H, respectivement :  
A pâturage (*Digitaria Swazilandensis*), F :  
témoin (reste en forêt naturelle) G. Pins  
H. *Eucalyptus*.

- 5 bassins mixtes : B,D,E,I,J avec :

- . B témoin, D et E recrû naturel, I abattis  
(culture itinérante sur brûlis), J pâturage  
(Brachiraria decumbens).

Après une étude sous forêt naturelle pendant deux ans au cours de laquelle ont été définis la couverture pédologique et la topographie, les caractéristiques hydrologiques, l'érosion, l'étude du stock d'eau par sonde à neutron (sur les bassins F,G,H), l'inventaire forestier, la composition floristique, la biologie et la structure de la forêt, on procède aux aménagements après réalisation d'une exploitation de type papetier (abattage à la scie à chaîne des arbres de plus de 20 cm de diamètre, coupe des houppiers et débardage des grumes, à l'exception des chrobalanacées : Licania) ; même si ce type d'exploitation paraît relégué à un avenir lointain, les conséquences à attendre d'un autre type de coupe-énergétique par exemple - s'avèrent sensiblement du même ordre.

Parrallèlement aux bassins versants, les études sont menées sur une parcelle de régénération naturelle - ARBOCEL - exploitée en 1976 sur 25 hectares devant permettre de simuler de plus grandes surfaces. Sur cette parcelle, les recherches sont menées essentiellement sur l'inventaire, la composition floristique, l'architecture et la biomasse de la régénération ainsi que sur les paramètres microclimatologiques et la biologie des sols.

-----

NB (\*)

ECEREX = Ecologie - Erosion - Expérimentation

ORSTOM = Office de la Recherche Scientifique et Technique  
Outre-Mer

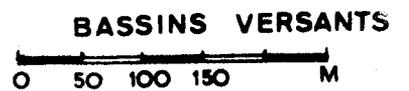
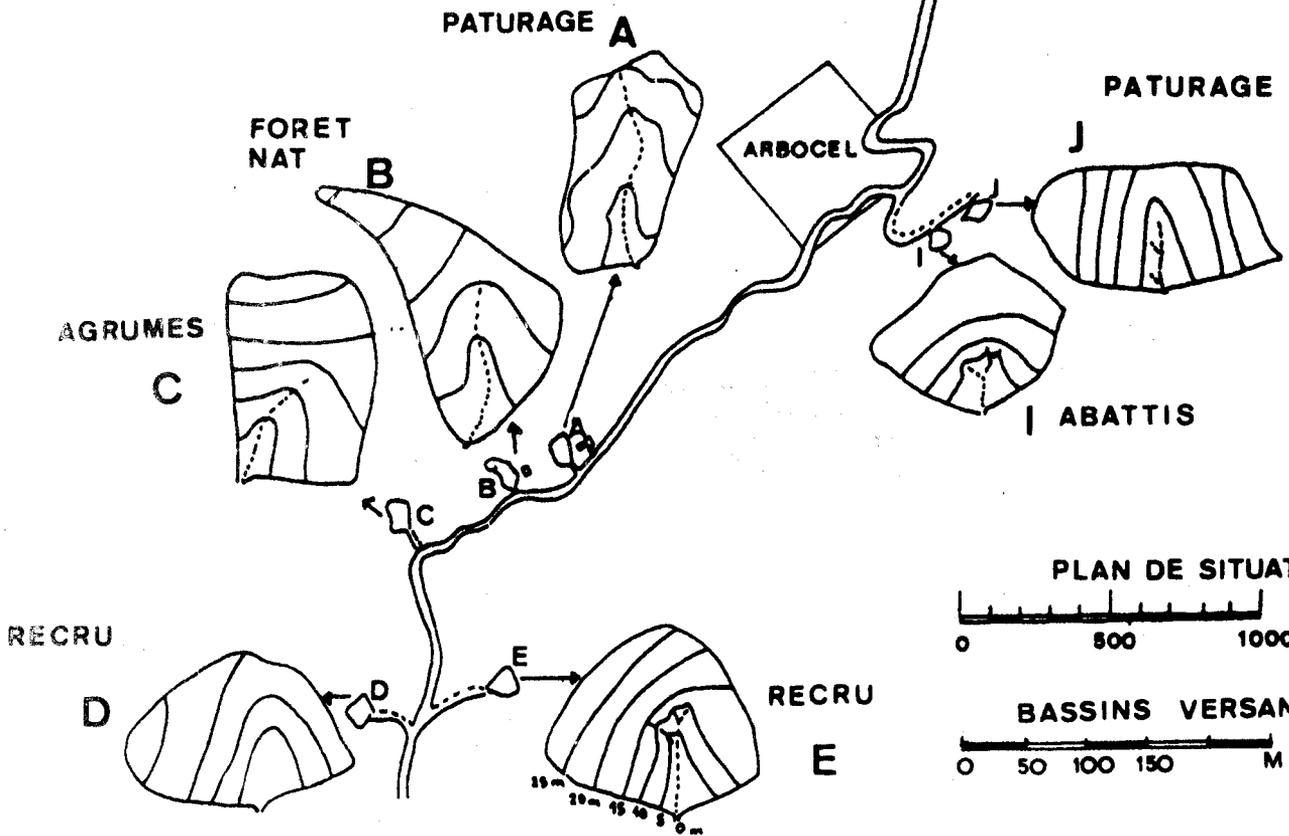
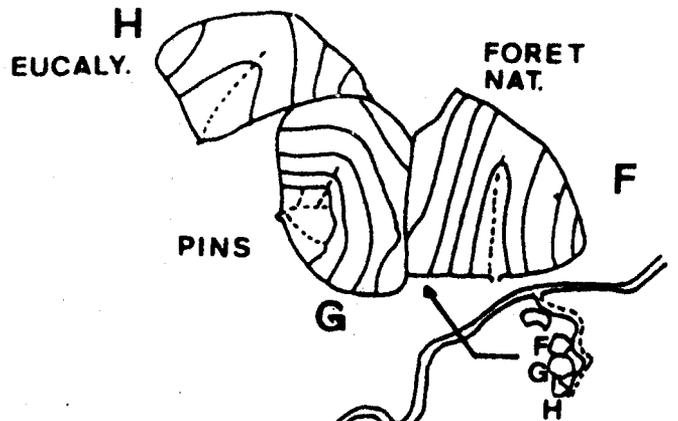
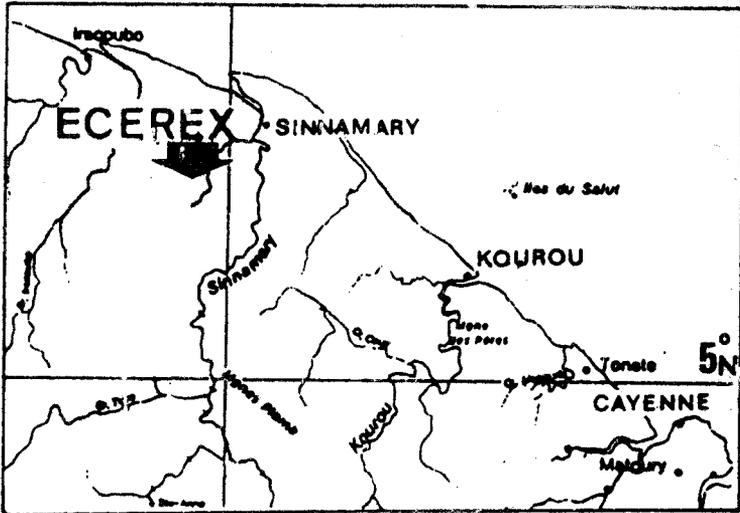
I.N.R.A. = Institut National de la Recherche Agronomique

G.E.R.D.A.T. = Groupement d'Etude et de Recherche pour le Développement  
de l'Agronomie Tropicale

C.T.F.T. = Centre Technique Forestier Tropical

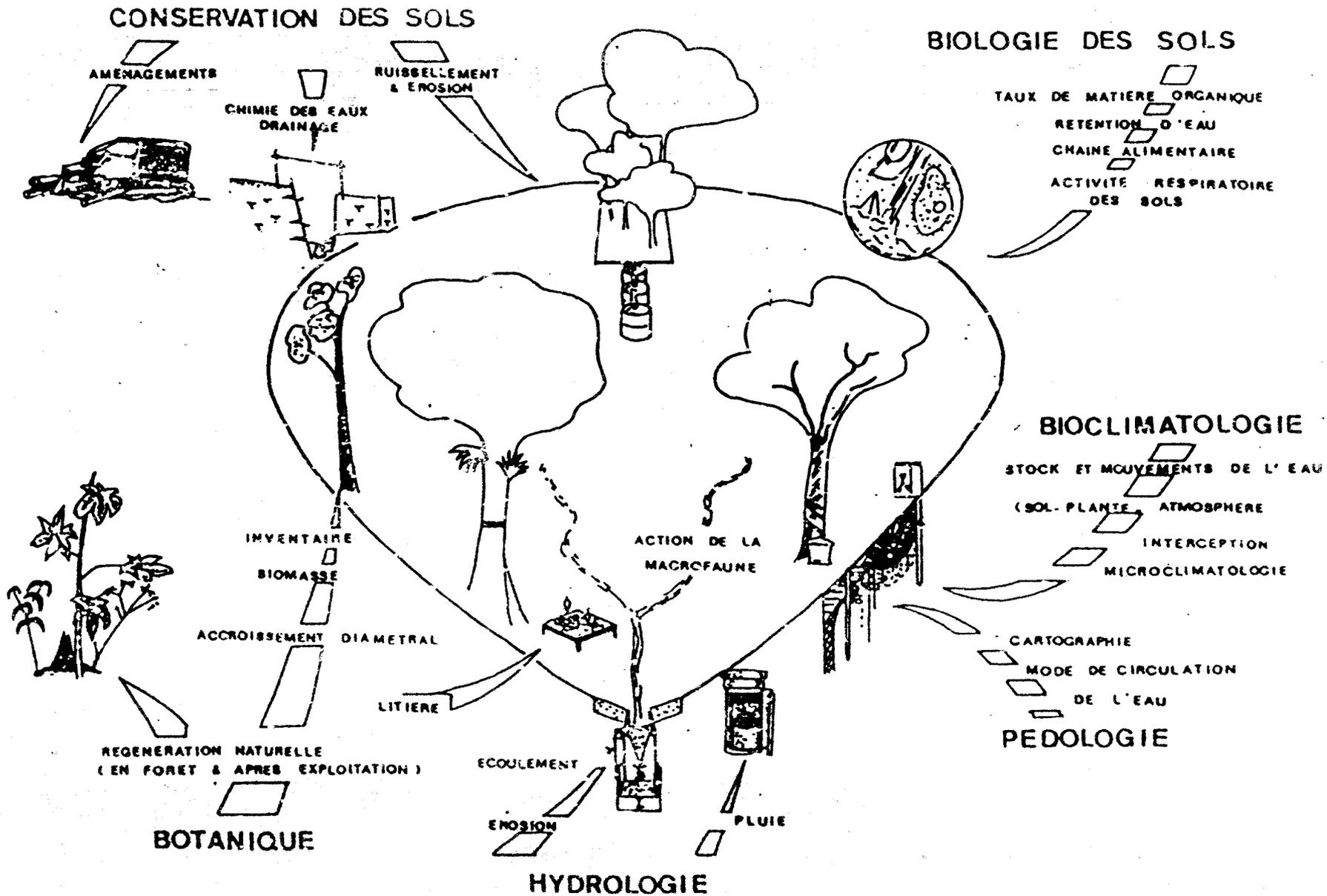


LOCALISATION DES BASSINS  
VERSANTS ECEREX



# ECEREX

## ORGANISATION DES ETUDES



DISCUSSION :

Le Dr SHUBART présente un projet très semblable réalisé par l'INPA à MANAUS, étude du milieu naturel par analyses d'un petit bassin sous forêt. Un deuxième bassin versant permet de tester différentes méthodes d'aménagement forestier.

Depuis 1975, malgré de nombreuses difficultés avec depuis 3 à 4 ans l'aide de l'ORSTOM par des chercheurs sur place en permanence ou des missions de courtes durées, l'ensemble de ces recherches fait l'objet d'un numéro spécial d'Acta Amazonica.

Taille des bassins ? En effet, 1 ha - 1 ha  $\frac{1}{2}$  cela semble très petit. Il est rappelé que du fait du modelé en demi-orange, on observe le développement très précoce de lits majeurs à sols alluviaux où le piégeage des sédiments aurait faussé les mesures d'érosion. De plus le prix très élevé des aménagements et de leur maintien ne permettait pas la mise en valeur de très grandes surfaces.

Pourquoi exploitation papetière et non pas exploitation bois d'oeuvre ? Après dialogue avec la D.D.A. et l'O.N.F., il apparaissait que l'exploitation bois d'oeuvre avec en gros 1 arbre abattu à l'hectare, ne posait pas un problème majeur.

Choix des bassins : avant ECEREX, l'ORSTOM avait étudié des bassins représentatifs à 20 km au sud d'ECEREX, 12 km<sup>2</sup> - 8 km<sup>2</sup> - 0,3 km<sup>2</sup>. La complexité des sols avait déjà posé le problème du site à choisir. Pour le choix, il y a donc eu une liaison Pédologue, Hydrologue avec la Conservation des Sols, puis après les Botanistes. La nécessité d'un grand nombre de bassins s'est imposée pour tester les différents types de sols et comprendre leurs relations ainsi que les divers aménagements. Au point de vue botanique, mais ils ne représentent que 10 % de la superficie.

Choix des aménagements : ce sont des aménagements de type idéal qui sont réalisés : pâturage - verger - reboisement, et non pas l'agriculture faite qui s'observe dans la grande majorité des cas en Amazonie. Il est rappelé que l'étude devrait permettre de répondre aux programmes de développement de la GUYANE qui préconisaient ces types d'aménagements. L'étude du recru naturel étant effectuée car elle représentait une partie importante des superficies. Les grands objectifs sont les cultures fourragères pour l'élevage, les reboisements pour la biomasse papetière, et les vergers d'agrumes.

Si l'on a testé les Pins et les Eucalyptus et non pas les essences locales, alors qu'on pense pouvoir attendre du Didymopanax, du Jacaranda et du Simarouba des croissances comparables, c'est que sur ces essences natives il faut déjà faire des mises au point préalables qui demandent des délais beaucoup plus longs.

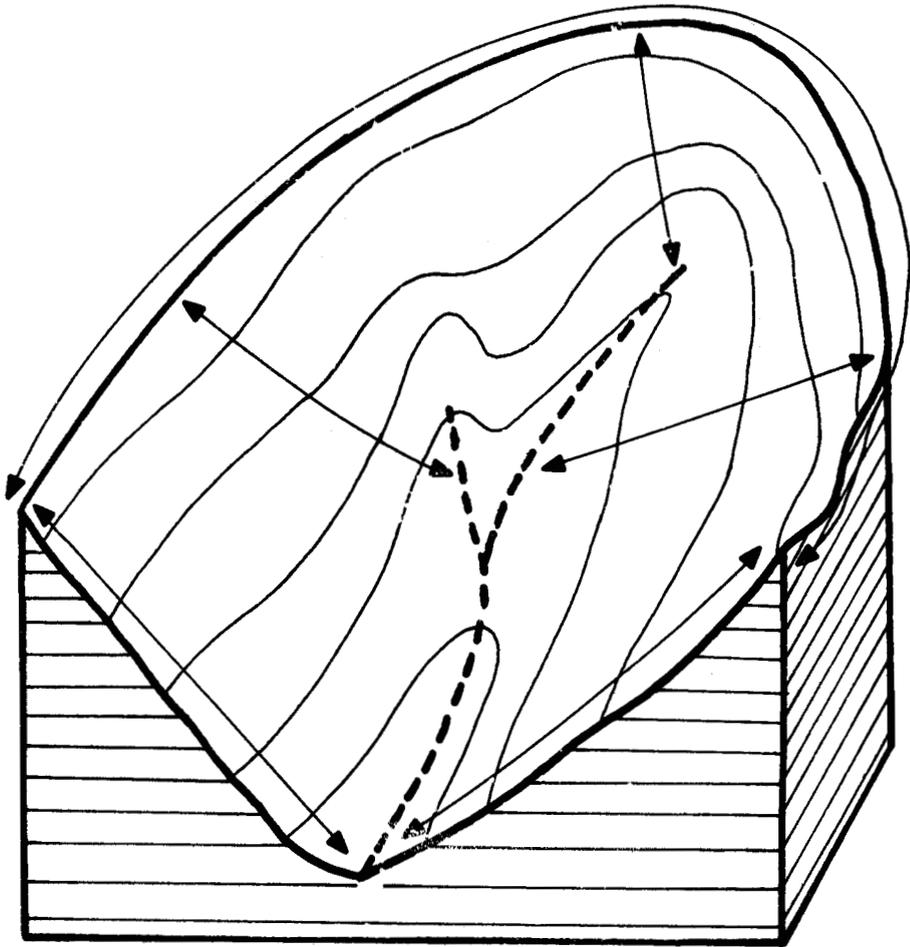


FIG. 1 :- TRANSECTS D'ETUDE SUR UN BASSIN VERSANT ELEMENTAIRE

METHODE D'ETUDE DES COUVERTURES PEDOLOGIQUES  
DANS L'OPERATION ECEREX

Y. LUCAS - Pédologue de l'ORSTOM

=|--|==|--|==

Dans une région où n'existaient pas d'études pédologiques préalables, les pédologues se trouvaient devant le problème suivant : réaliser une étude détaillée de la couverture pédologique de 10 bassins versants d'un hectare, et en donner une représentation cartographique détaillée,

- qui donne une image aussi exacte que possible de la couverture pédologique,
- qui permette de comparer et de corrélérer facilement les données pédologiques avec les données des autres disciplines.

De plus, on savait, à la suite de diverses études réalisées ailleurs dans le monde et en Guyane, que le sol est le plus souvent organisé en systèmes pédologiques tridimensionnels généralement compréhensibles à l'échelle d'une unité de modelé, bassin versant élémentaire ou interfluve élémentaire. Dans ces systèmes existent des relations génétiques et dynamiques, verticalement et horizontalement, entre les différents horizons du sol : il est donc fondamental d'étudier non seulement les horizons d'un système, mais aussi les variations latérales et verticales de ces horizons, et la manière dont s'effectuent les transitions entre horizons.

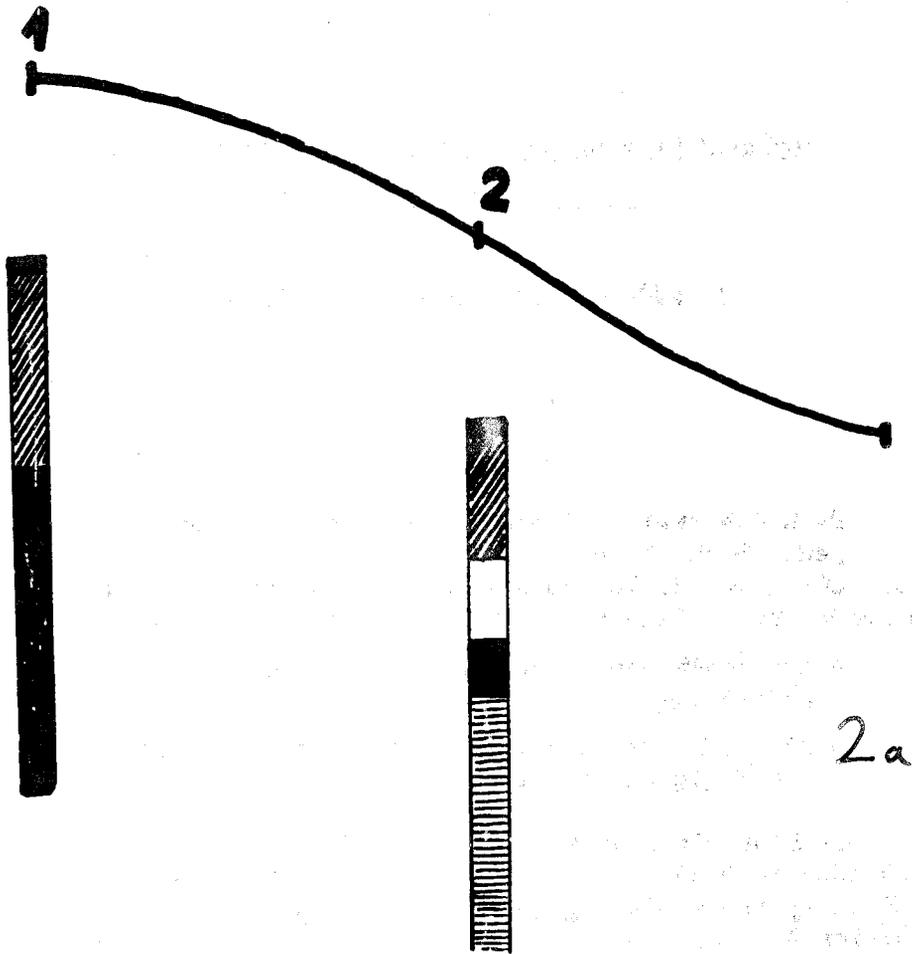
La méthode de prospection utilisée pour les bassins versants ECEREX a donc été développée compte tenu de cette réalité :

le sol a une organisation tridimensionnelle à l'échelle de l'unité élémentaire de modelé, et l'étude verticale et latérale des variations et transitions entre horizons est fondamentale,

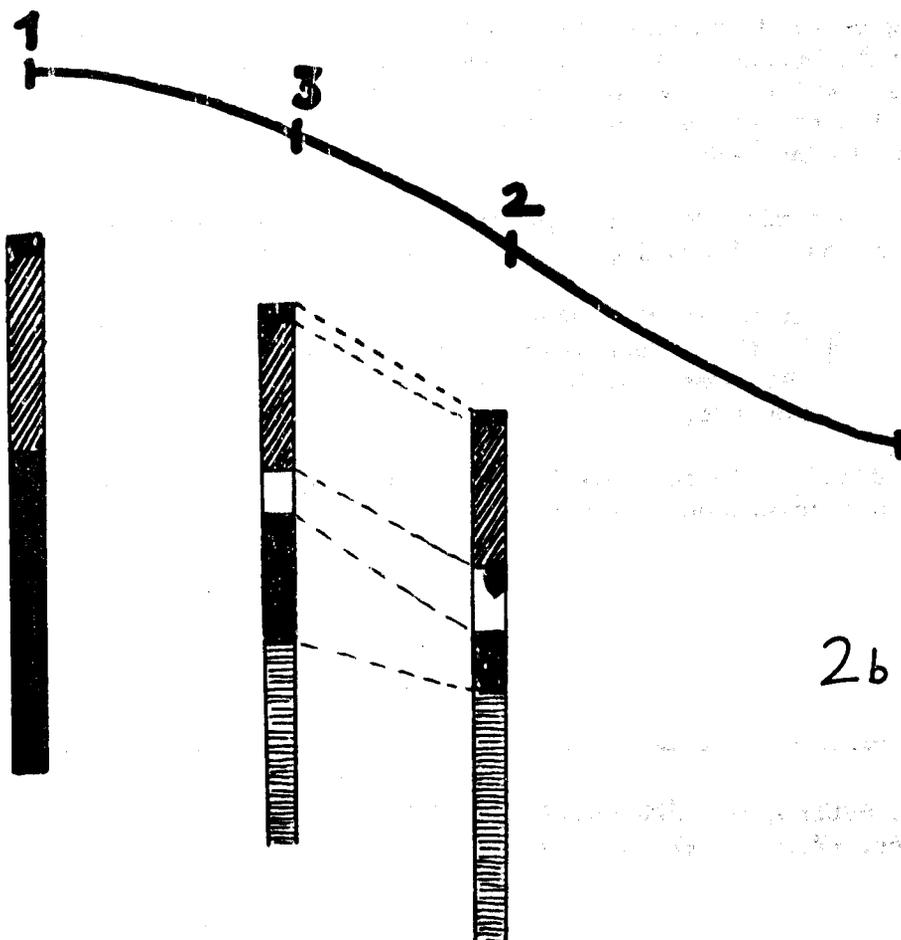
compte tenu de l'expérience acquise antérieurement dans l'étude d'autres systèmes pédologiques\*, compte tenu enfin des contraintes du milieu naturel.

---

\* cf. R. BOULET, A. CHAUVEL, F.-X. HUMBEL, Y. LUCAS, 1982 : Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XIX, 4, 309-391.

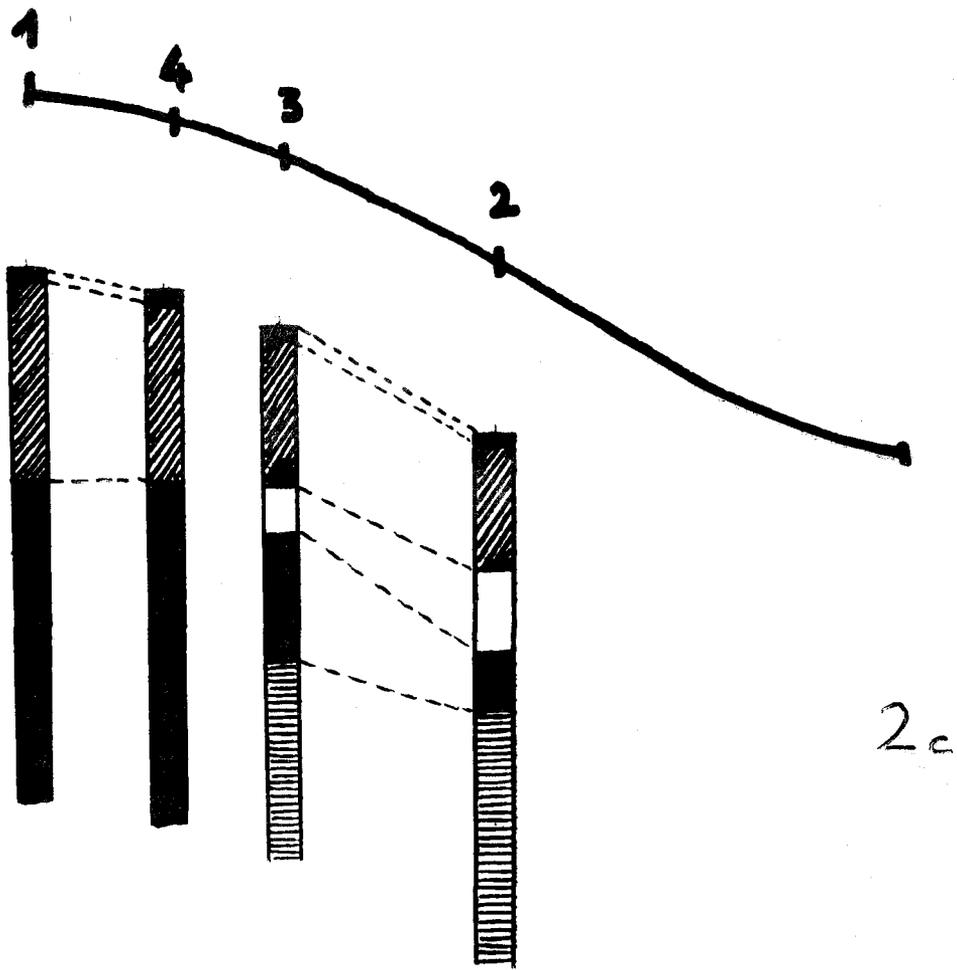


2a

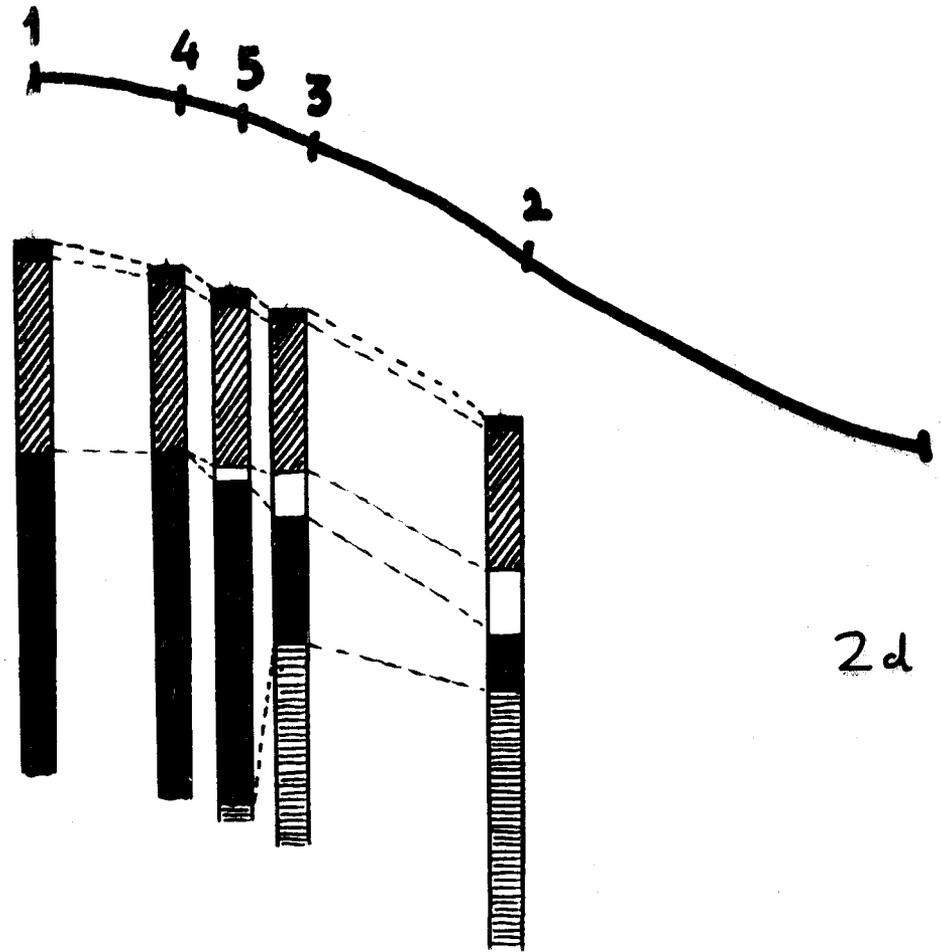


2b

FIG. 2 . - SCHEMA DE LA REALISATION D'UNE COUPE PEDOLOGIQUE.



2c



2d

FIG. 2 .- SCHEMA DE LA RÉALISATION D'UNE COUPE PEDOLOGIQUE.

Cette méthode est la suivante :

Quand on aborde l'étude d'un bassin versant, on commence par réaliser des coupes pédologiques suivant plusieurs transects (cf. Fig. 1) : un qui correspond à la ligne de crête, d'autres (3 à 5 généralement) à l'intérieur du bassin, orientés selon la ligne de plus grande pente.

Ces coupes pédologiques sont faites d'après sondages, les sols prospectés pouvant être relativement aisément pénétrés à la sonde. Les sondages le long d'un transect sont réalisés de la manière suivante (cf. Fig. 2) :

On commence par effectuer un sondage en haut et un sondage en milieu de versant (Fig. 2a). Si ces sondages sont très différents, c'est-à-dire si on ne peut pas relier latéralement les horizons rencontrés dans ces deux sondages, on effectue un sondage intermédiaire entre les deux (Fig. 2b). On raisonne alors de la même manière en comparant les sondages 3 et 2, puis 3 et 1 : sur l'exemple schématique de la figure, 3 et 2 sont peu différents, on peut raccorder latéralement entre eux les horizons de ces deux sondages. (Compte tenu de la distance séparant 2 et 3 et de la variabilité latérale des horizons habituellement observée au cours de la prospection, on peut faire éventuellement un sondage de contrôle entre 3 et 2). Par contre, les sondages 1 et 3 étant très différents, il convient de faire un sondage intermédiaire (4) entre eux (2c). On continue ainsi (2d) jusqu'à ce que les sondages permettent de réaliser la coupe pédologique continue entre les sondages 2 et 1, puis on répète l'opération sur la partie inférieure du versant. Ces observations sont reportées sur une coupe nivelée du versant, réalisée à l'aide d'un mètre et d'un clysimètre utilisé comme niveau, ce qui donne un document tel que l'exemple présenté figure 3, assortit d'une légende basée sur les observations de terrain.

Il est clair qu'une telle coupe, faite avec des observations discontinues, présente un lissage de la géométrie réelle des horizons. Cependant, l'extrapolation est réduite au minimum par l'étude systématique des transitions et variations d'horizons. D'une manière générale, quand deux sondages consécutifs montrent (cf. Fig. 4) :

- une apparition de nouveaux horizons,
- une variation d'épaisseur d'un ou de plusieurs horizons,
- une variation de caractères (couleur, texture, densité de nodules, etc...) d'un ou plusieurs horizons,

un ou plusieurs sondages intermédiaires sont nécessaires, pour respectivement :

- préciser la géométrie des apparitions d'horizons,
- jalonner et préciser la géométrie de cette variation d'épaisseur,
- jalonner une variation continue de caractères.

- 
 Horizon humifère brun foncé au sommet, passant brun à la base. La teinte des 10 premiers centimètres devient progressivement hétérogène vers l'aval (répartition irrégulière de la matière organique). Sablo-argileux. Porosité biologique forte.
- 
 Horizon humifère brun foncé au sommet, passant à brun jaune à la base. Répartition irrégulière de la matière organique. Présence de volumes millimétriques gris à aurole ocre. Sablo-argileux. Porosité biologique forte.


 Horizon brun-jaunâtre 10YR 5/6. Argilo-sableux. Poreux à micro-aggrégats. Dépourvu de mucovites.

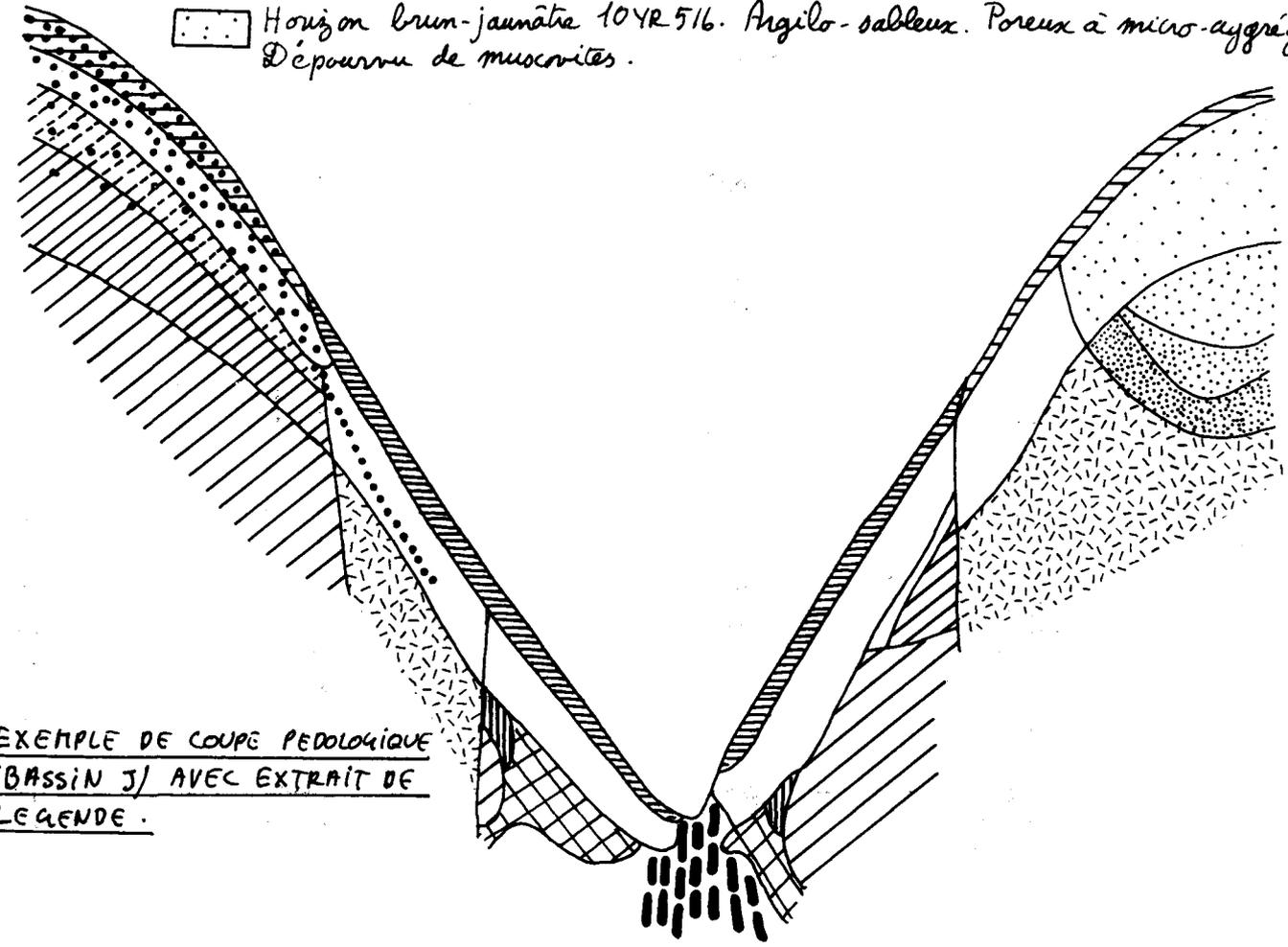
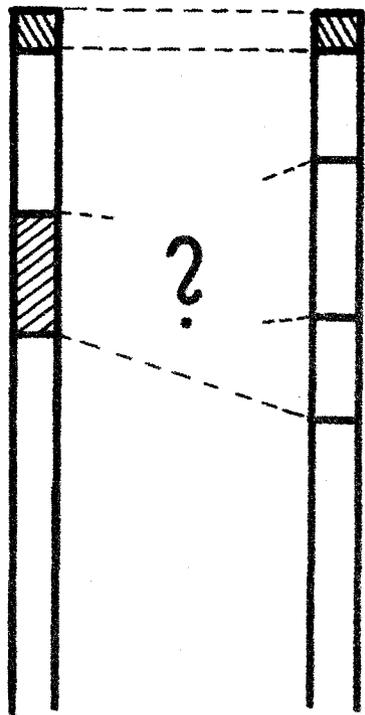
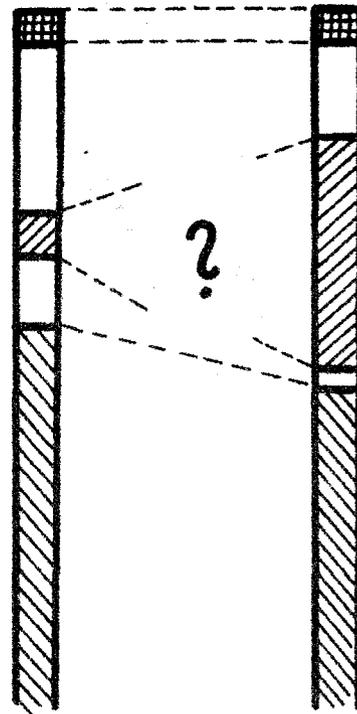


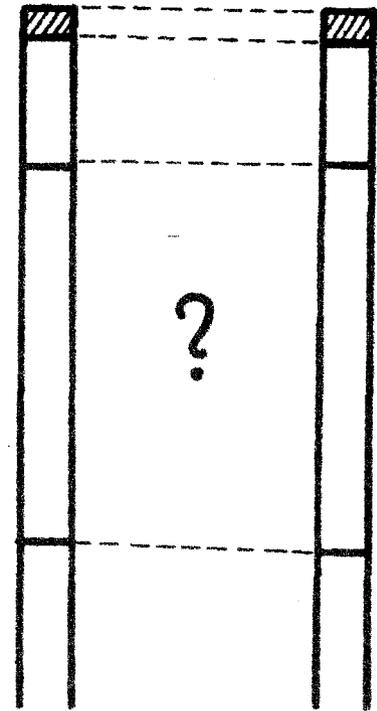
Figure 3: EXEMPLE DE COUPE PEDOLOGIQUE (BASSIN J) AVEC EXTRAIT DE LEGENDE.



APPARITION D'HORIZONS



VARIATION D'ÉPAISSEUR



VARIATION DE CARACTÈRES

FIG 4. - VARIATIONS ENTRE DEUX SONDAGES CONSECUTIFS.

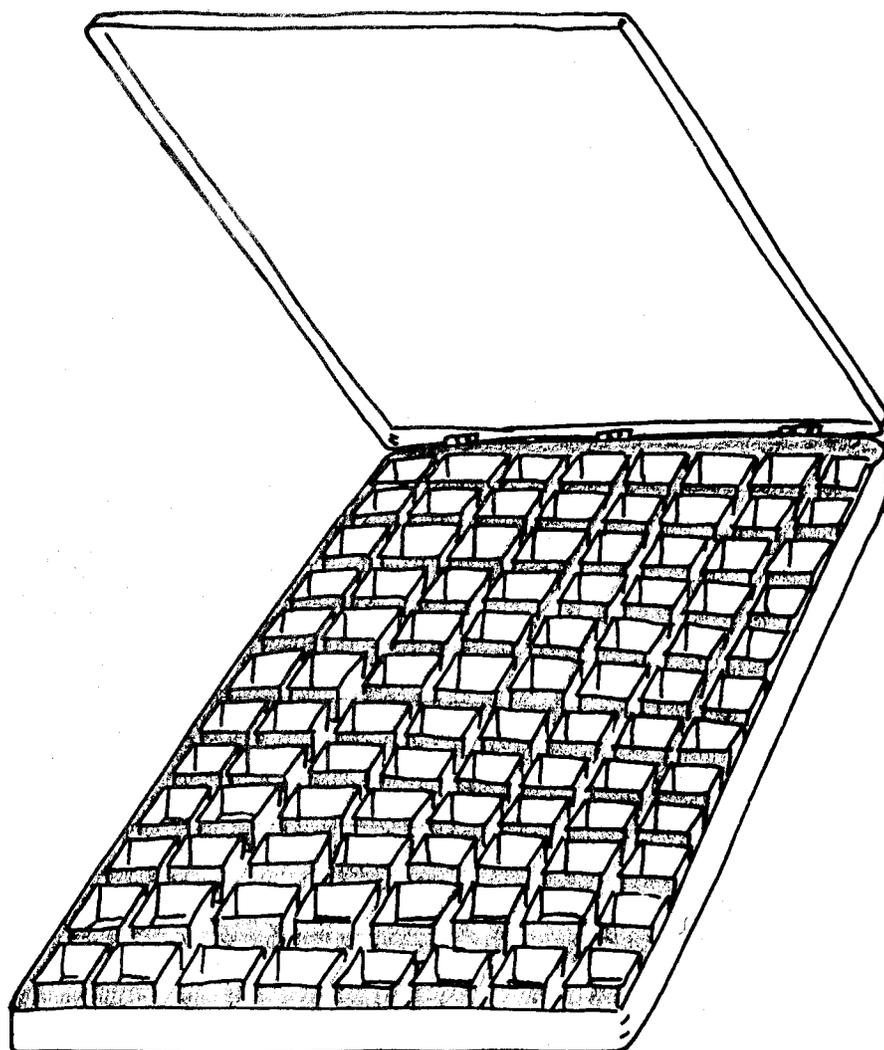


FIGURE 5. BOITE DE COMPARAISON DES ECHANTILLONS  
("PEDOCOMPARATEUR")

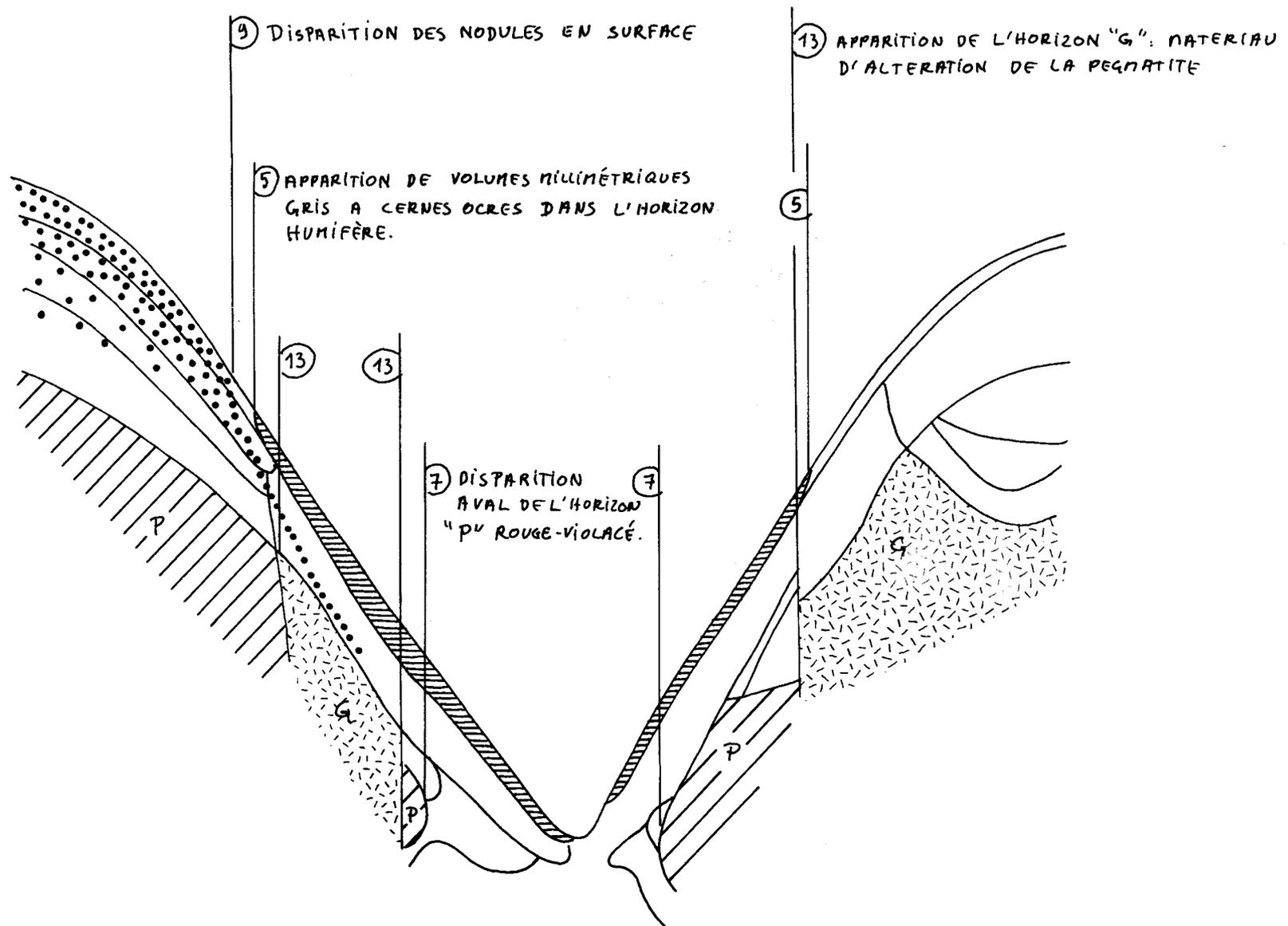


FIG. 6 : EXEMPLES DE VARIATIONS LATÉRALES POUVANT ÊTRE REPERÉES SUR UN BASSIN VERSANT.

C'est donc la variabilité du milieu naturel qui commande la densité d'observation, et on peut ainsi être amené à faire des sondages très rapprochés, moins de 50 cm l'un de l'autre (dans ce cas, il est intéressant de faire une fosse d'observation).

De plus, quand deux sondages consécutifs montrent peu de variations, mais que leur éloignement est grand, comparé à la variabilité habituelle des horizons sur le site étudié, des sondages intermédiaires de contrôle peuvent être réalisés.

Pour faciliter la comparaison des sondages entre eux, nous utilisons sur le terrain des plaques munies de 96 boîtes interchangeables (cf. Fig. 5). Chaque colonne de 12 boîtes représente un sondage et peut être permutée avec les autres colonnes, permettant ainsi la construction de la coupe dans la boîte même, sur le terrain, au fur et à mesure de la prospection.

Les coupes une fois réalisées, on recherche sur chacune d'elle toutes les variations latérales susceptibles d'être repérées de façon fiable sur la zone étudiée : apparition ou disparition d'horizons, variations de certains caractères (cf. Fig. 6).

On définit avec précision les critères d'identification de ces variations, par exemple :

- disparition des nodules en surface,
- apparition de volumes millimétriques gris à cerne ocre dans l'horizon humifère,
- etc...

On recherche ensuite ces variations sur le terrain, jusqu'à pouvoir tracer sur la carte, pour chacune d'elle, une courbe joignant les points où elle a été observée (cf. Fig. 7). On juge à ce moment l'opportunité de réaliser des transects détaillés intermédiaires, ou d'effectuer simplement une recherche rapide des variations entre les transects pour préciser la géométrie des courbes. De toutes façons, les points d'observation des courbes sont reportés sur la carte, ce qui indique le degré de précision du document. Ces courbes sont appelées courbes d'isodifférenciation. Elles diffèrent des limites pédologiques classiques :

- Elles ne partagent pas l'espace en surfaces supposées homogènes, ou à hétérogénéité définie dans des limites statistiques,
- mais elles jalonnent des variations latérales plus ou moins rapides.

Une fois ces courbes tracées, on engage des études complémentaires plus précises : fosses d'observation, pour affiner l'étude des horizons et des transitions ; échantillonnage (physico-chimique, micro-morphologique) ; mesures hydriques (infiltration d'eau) ; etc... Les

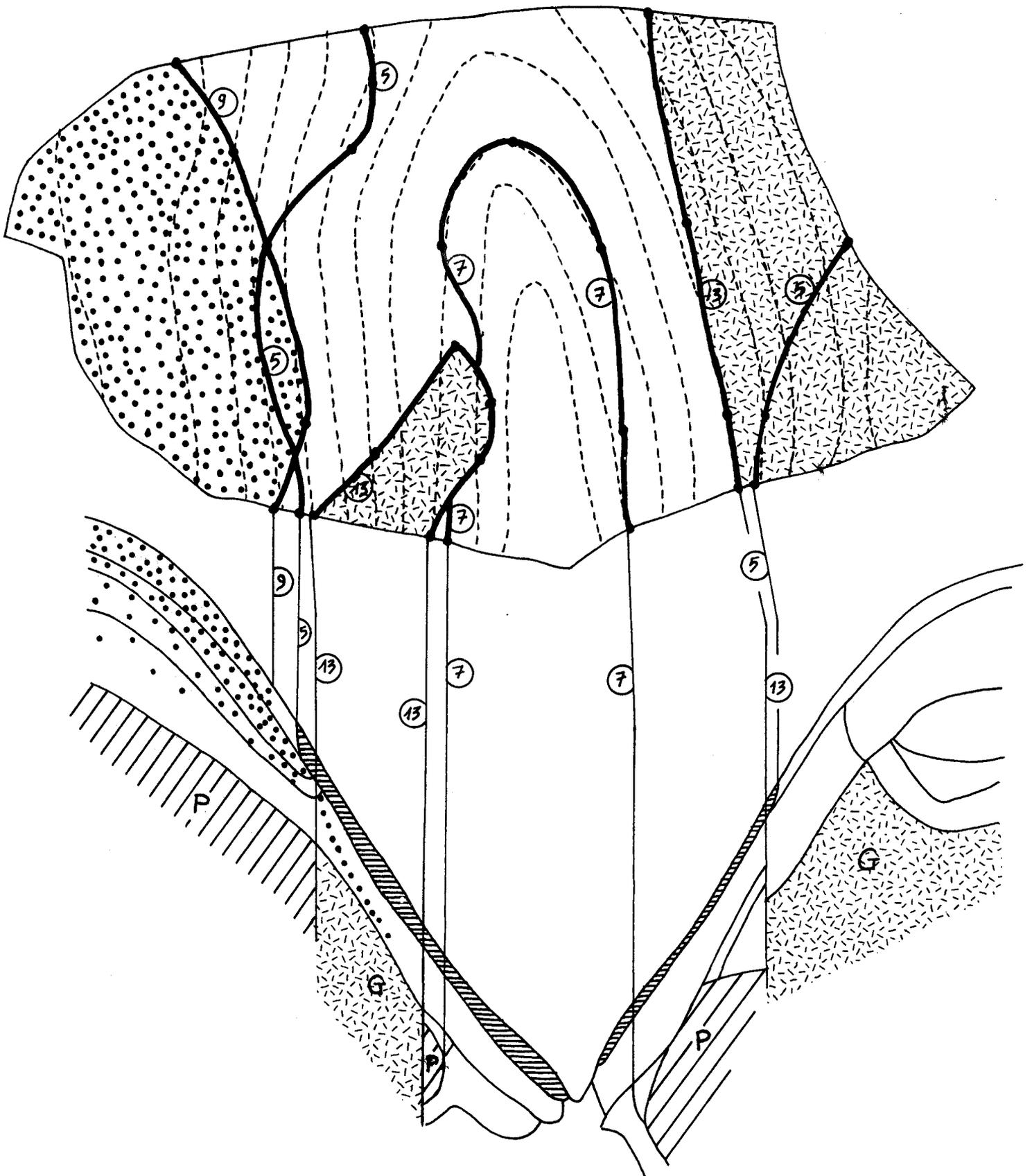
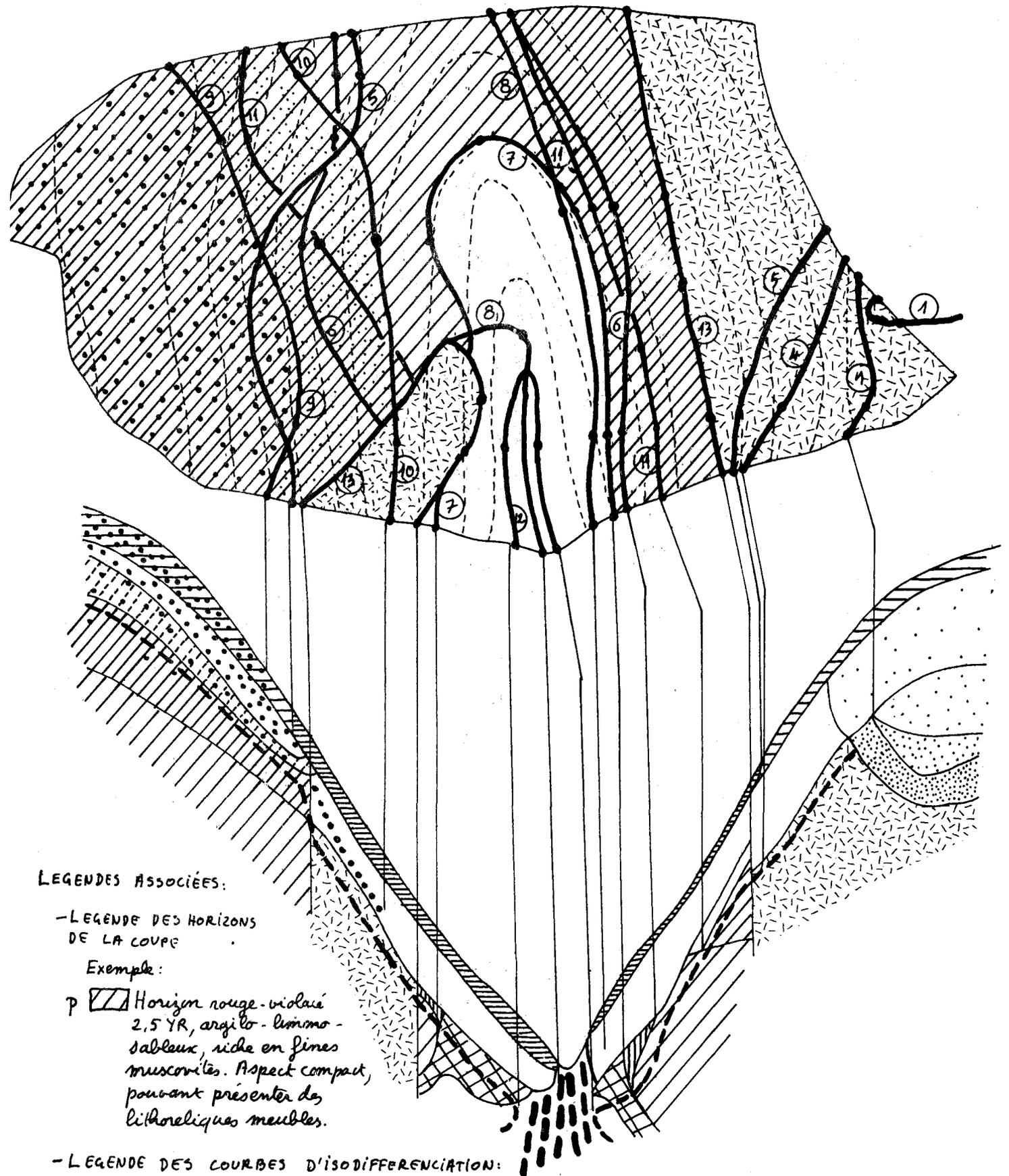


FIG. 7 : EXEMPLES DE COURBES D'ISODIFFERENCIATION



LEGENDES ASSOCIÉES:

-LEGENDE DES HORIZONS DE LA COUPE

Exemple:

p  Horizon rouge-violacé 2,5 YR, argilo-limono-sableux, riche en fines muscovites. Aspect compact, pouvant présenter des lithocliques meubles.

-LEGENDE DES COURBES D'ISODIFFERENCIATION:

Exemple:

 Disparition aval de l'horizon "p" rouge-violacé.

FIG. 8: REPRESENTATION DE LA COUVERTURE PÉDOLOGIQUE DU BASSIN J.

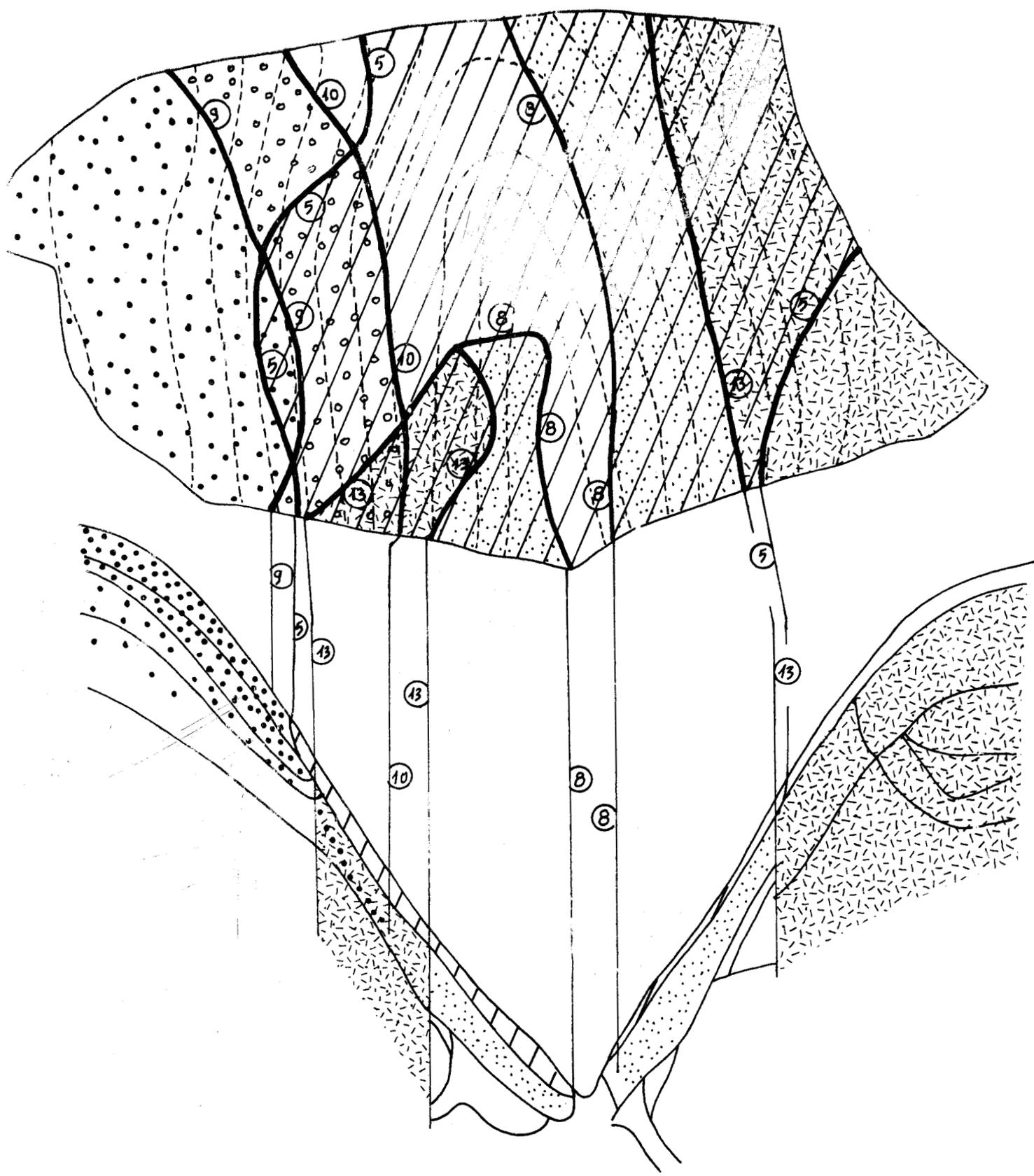


Fig. 9. NODULES FERRUGINEUX ET GRAVIERS QUARTZEUX  
SUR LE BASSIN J.

points d'observations pour ces études complémentaires seront placés d'une manière précise et raisonnée grâce à la connaissance acquise de la couverture pédologique.

La représentation finale de la couverture pédologique du bassin versant comporte donc un plan, où sont reportées les courbes d'isodifférenciation, et une ou plusieurs des coupes réalisées sur le bassin (cf. Fig. 8). Des lignes de rappel permettent de situer relativement les informations apportées par les coupes et par le plan. Ce type de document, où la totalité des informations acquises est reportée, est un document de base dont la lecture peut être difficile : des représentations simplifiées ou schématiques colorées peuvent alors en être dérivées en fonction d'un thème particulier.

Par rapport aux études en toposéquence, l'introduction de la troisième dimension, matérialisée par les courbes d'isodifférenciation, permet de déceler, parmi les successions toposéquentielles de caractères, celles qui sont fortuites et celles qui correspondent à un ordre réel. La figure 9 montre un exemple tiré du bassin J : On constate, sur le transect de droite, que la disparition en surface du sol coïncide pratiquement avec l'apparition dans l'horizon humifère de volumes millimétriques gris à cerne ocres, et de taches ocres (caractères d'hydromorphie de surface). Ces deux caractères peuvent donc être supposé toposéquentiellement liés si l'on examine seulement cette coupe. L'examen sur le plan des courbes d'isodifférenciation correspondant à ces deux caractères :

- courbe 9 : disparition des nodules ferrugineux en surface du sol,
- courbe 5 : apparition dans l'horizon humifère de volumes gris à cerne ocre, et de taches ocres,

montre qu'il n'en est rien. Ces courbes se disjoignent et se croisent, montrant une indépendance relative de ces deux caractères.

Autre exemple, toujours sur ce bassin :

Les sols sur pegmatite présentent des graveurs quartzeux, et les sols sur schistes en sont normalement dépourvus. Sur ce transect, partie droite de la coupe (Fig. 9), existent à l'amont des sols développés sur pegmatites, avec graviers quartzeux, et à l'aval des sols développés sur schistes, mais qui présentent des graviers quartzeux près de la surface sur une vingtaine de mètres à l'aval des sols sur pegmatite. Ces graviers étant habituellement totalement absents dans les sols sur schistes, on peut supposer leur origine colluviale.

L'étude des courbes d'isodifférenciation correspondantes :

- ⑬ limite des pegmatites
- ⑧ disparition des graviers quartzeux dans les horizons de surface

confirme cette hypothèse : la courbe ⑧ est pratiquement parallèle à la courbe ⑬, à 20-25 m à l'aval de celle-ci, et n'existe qu'immédiatement à l'aval des sols sur pegmatites, comme le montre le versant situé à gauche sur le dessin.

La présence de graviers quartzeux dans l'horizon P est donc bien liée à la présence de sols sur pegmatites à l'amont.

Ces deux exemples montrent les types de raisonnement rendus possibles par ces représentations en coupes et plan avec courbes d'isodifférenciation. Ces courbes, représentant indépendamment les différents caractères du sol, permettent aussi une comparaison aisée des données des autres disciplines avec les données pédologiques, ainsi qu'il est exposé dans les communications qui suivent.

--\*--\*--\*--\*--\*--\*--\*--\*--\*--  
\* \* \* \* \*  
\* \* \* \* \*

ORGANISATION DES COUVERTURES PEDOLOGIQUES  
DES BASSINS VERSANTS ECEREX  
HYPOTHESES SUR LEUR DYNAMIQUE

R. BOULET - Pédologue de l'ORSTOM

=|---|---|---|---|

I - INTRODUCTION

Lors de la mise en place du projet ECEREX, dont la genèse et les objectifs ont été précédemment exposés, il importait de choisir des sites représentatifs de la majeure partie des couvertures pédologiques sur schistes Bonidoro, mais qui permettent également des comparaisons de traitement d'un bassin à l'autre. A cette époque, les deux grands types de dynamique de l'eau des couvertures pédologiques sur socle en Guyane française septentrionale, à savoir dynamique de l'eau superficielle et latérale (BLANCANEUX - 1971, 1981) et dynamique de l'eau verticale et profonde ainsi que leur déterminisme mutuel (BOULET, 1977) étaient connus. On a donc lors du choix des 10 bassins, déterminé leur dynamique de l'eau et retenu :

1 seul bassin à circulation de l'eau verticale et profonde (ou à "drainage vertical libre") : En effet, les problèmes de mise en valeur propres à la Guyane ne se posant pas sur ce type de couverture pédologique, il n'y avait pas de raison de multiplier cette catégorie de bassin. De plus, la fréquence de ces couvertures est malheureusement beaucoup plus faible que celle des sols à circulation de l'eau superficielle et latérale. L'importance de ce bassin est toutefois renforcée par le fait que sa couverture pédologique présente de bonnes analogies, tant dans son organisation que dans sa dynamique, avec celles connues ailleurs sous les mêmes latitudes, en Amérique du Sud ou en Afrique en particulier. Il doit donc permettre une comparaison avec les sols de ces autres régions.

5 bassins à circulation de l'eau superficielle et latérale (ou à "drainage vertical bloqué"(1) : Pour y étudier les principaux problèmes concernant les mises en valeur possibles. L'un d'entre eux, le "J", présente une trop faible mixité (2%) pour que celle-ci intervienne de façon perceptible dans son comportement.

4 bassins mixtes où la coexistence de surfaces respectivement affectées par l'un ou l'autre type de drainage doit permettre de tester la modélisation de la dynamique des bassins et d'étudier le comportement différentiel des mises en valeur en fonction du type de drainage.

---

(1) Cette expression synthétique commode a été adoptée pour sa concision par les chercheurs d'autres disciplines travaillant sur ce projet. Elle devra toutefois être nuancée à la lumière des résultats hydrologiques.

## II - ORGANISATION ET DYNAMIQUE DES COUVERTURES PEDOLOGIQUES DES BASSINS

### A - ROCHES MERES

Les bassins versants ECEREX sont destinés à l'étude de l'écosystème forestier sur schiste Bonidoro<sup>(2)</sup>, d'abord dans les conditions naturelles puis sous l'effet de l'exploitation papetière suivie ou non de mise en valeur agricole ou sylvicole. Les 10 bassins sont donc strictement inclus dans la zone d'extension de ces schistes, que nous ne connaissons que par leur matériau d'altération. J.-P. MAZEAS (1961) les décrit comme des roches jaunes et rouges, couleurs alternant en lits minces, dans lesquelles des passées kaolineuses grossièrement concordantes avec la schistosité sont fréquentes. J. BARRUOL (1959), auteur de la carte voisine (Kourou) apporte des précisions supplémentaires qui concordent avec les caractères des matériaux d'altération que nous connaissons : "ce sont des schistes très fins, qui comprennent parfois des couches ferrugineuses concrétionnées et sont riches en séricite". Ces schistes sont traversés de filons de pegmatite qui peuvent couvrir des surfaces importantes (cf. Fig. 4). Ces pegmatites que nous ne connaissons également que par leur matériau d'altération, sont formées de gros cristaux de quartz, de feldspaths, de muscovites associés à de la tourmaline.

### B - COUVERTURES PEDOLOGIQUES

On s'est aperçu, à mesure de la réalisation des cartes analytiques des couvertures pédologiques des 10 bassins versants, que celles-ci s'ordonnent naturellement de façon univoque. C'est dans cet ordre que nous examinons les divers bassins (Fig. 1 et 2).

---

(2) Le choix des schistes Bonidoro a été dicté par les priorités du plan d'exploitation papetière de la forêt guyanaise envisagé en 1976. En effet, la Société ARBOCEL dont le permis s'étendait sur 300 000 ha essentiellement localisés sur ces schistes, devait, lors du lancement de l'opération ECEREX, démarrer son exploitation avant les autres sociétés concernées.

x

x x

Le bassin C comporte, en sommet d'interfluve et à partir de la surface, un ensemble d'horizons bruns, épais de plus de 1 m, très argileux (50 à 70% d'argile), fortement microagrégés et poreux, souvent nodulaires. Cet ensemble passe avec une transition progressive étalée sur une cinquantaine de centimètres, à un horizon rouge, un peu moins argileux (40 à 50% d'argile) et dans lequel on perçoit déjà une légère augmentation de haut en bas des limons fins, variation qui annonce le matériau d'altération. Cet horizon rouge a un aspect compact, sa porosité visible étant tubulaire faible, une structure polyédrique centimétrique anguleuse à faces lisses. On le désignera brièvement sous le nom d' "horizon argileux rouge". Il contient des volumes ferruginisés indurés dans lesquels on reconnaît une structure lithologique figée par le fer ; ce sont des lithoreliques, ou des nodules lithorelictuels lorsque l'induration est forte. L'épaisseur de cet horizon est variable, de cinquante à cent cinquante centimètres. Il passe en profondeur de façon également progressive à un horizon plus rouge, à teneur en argile décroissante avec la profondeur tandis que les limons fins augmentent et qu'apparaissent de fines paillettes de muscovite à toucher sériciteux, à structure massive à débit polyédrique, à porosité visible tubulaire faible, éventuellement à volumes lithorelictuels violets indurés, particularité d'origine lithologique des bassins C et D : les volumes lithorelictuels de cet horizon sont en effet typiquement meubles ailleurs. Cet horizon sera nommé par la suite "horizon rouge sériciteux". Les données dont on dispose sur le régime hydrique de cette couverture concordent pour lui attribuer une dynamique de l'eau verticale et profonde. Celle-ci est sans doute ralentie au passage de l'horizon à microagrégats à l'horizon argileux rouge mais insuffisamment pour que se développe une morphologie caractéristique d'horizon engorgé. On notera cependant en rive gauche aval une petite zone à drainage vertical bloqué qui ne déborde que de façon négligeable sur le bassin hydrologique (cf. Fig. 4).

Vers l'aval, les horizons supérieurs sont progressivement marqués par l'hydromorphie mais les manifestations nettes de celle-ci n'apparaissent qu'en bas de pente (cf. Courbe 2, Fig. 1) tandis que dès la mi-pente, les horizons amont sont recoupés par le bas par un horizon blanc, dans lequel fluctue une nappe phréatique en saison des pluies.

Un échantillon de résultats analytiques est consigné dans le tableau 1. En plus des données texturales déjà évoquées, on notera des taux assez élevés de matière organique en haut de pente avec une diminution significative vers l'aval. Le taux relativement élevé de matière organique en haut de pente est caractéristique des couvertures à drainage vertical. Les pH sont acides et les teneurs en bases échangeables très faibles, avec une prédominance du Mg sur le Ca caractéristique des milieux très lixiviés (BOULET, 1974 - CHAUVEL, 1977). Cette pauvreté en bases se retrouve sur tous les bassins, confirmant que la fertilité chimique, partout très basse, n'est pas un critère discriminant pour ces couvertures par ailleurs si différentes, en particulier par leur dynamique.

		ECC 1							ECC 3						
Profondeur cm		0	5	30	55	80	110	150	0	5	30	55	80	110	150
		5	20	40	65	90	120	160	5	20	40	65	90	120	170
Refus %		40	38	66	65	59	66	68	27	48	60	57	56	51	50
Texture %	Argile	40,6	45,4	62,8	58,6	67,6	64,5	45,8	25,2	22,3	42,8	57,9	56,5	44,5	37,9
	Limon fin	12,2	10,5	5,2	8,8	8,6	13,5	25,7	5,9	3,3	6,6	2,5	3,9	10,3	11,9
	Limon grossier	2,0	2,6	1,8	3,3	1,5	1,4	4,1	2,0	2,3	4,3	2,3	1,8	3,2	2,6
	Sable fin	9,6	10,4	9,3	12,2	7,4	5,4	15,2	12,8	15,2	16,4	11,9	9,3	8,9	7,4
	Sable grossier	27,9	32,7	19,7	17,5	16,3	16,4	12,0	45,3	43,8	29,1	25,6	28,9	32,6	40,9
Matière organique	Carbone ‰	60,7	33,6						39,4	28,8					
	Azote ‰	3,3	2,2						2,0	1,7					
	M. org. %	10,5	8,8						6,8	5,0					
	C/N	18,5	15,5						19,7	16,9					
pH eau		4,4	4,7	4,8	4,9	5,1	5,0	5,2	4,6	4,7	4,6	4,8	5,0	5,4	5,3
Complexe absorbant	Ca	0,31	0,06	0,02	0,08	0,06	0,05	0,02	0,29	0,09	0,06	0,04	0,03	0,04	0,03
	Mg	0,47	0,20	0,10	0,09	0,08	0,07	0,04	0,53	0,23	0,11	0,09	0,08	0,04	0,03
	K	0,22	0,13	0,13	0,10	0,09	0,04	0,03	0,21	0,13	0,12	0,09	0,03	0,09	0,02
	Na	0,17	0,06	0,05	0,07	0,05	0,04	0,05	0,13	0,14	0,06	0,04	0,04	0,06	0,03
	S	1,17	0,45	0,30	0,34	0,28	0,20	0,14	1,16	0,59	0,35	0,26	0,18	0,23	0,11
	T	15,80	9,15	5,35	4,10	3,15	2,55	1,50	11,95	7,10	4,80	3,40	3,45	1,85	1,95
	S/T %	7,4	4,9	5,3	8,3	8,9	7,8	9,3	9,7	8,3	7,3	7,7	5,2	12,4	5,6
% Phosphore total		0,29	0,28						0,20	0,16					
% Fer total		6,3	7,1	9,9	10,5	11,2	12,5	14,8	4,7	6,8	7,7	9,6	9,9	10,7	10,5

TABLEAU 1: RESULTATS ANALYTIQUES DE DEUX PROFILS (haut et mi-pente) DU BASSIN C.

## Topographie:

— Courbe de niveau. Equidistance 2m. L'altitude du bassin est pris comme niveau zéro.

### ↳ Dépression fermée

100m Echelle horizontale. Coupes et plans.

10m Echelle topographique verticale des coupes

1m Echelle de l'épaisseur des horizons. Lorsque la différence d'échelle entre la surface topographique et l'épaisseur des horizons introduit des modifications importantes dans la géométrie de ces derniers, celle-ci est rétablie par une représentation non tramée où les deux échelles verticales sont identiques

## Légende des horizons représentés en coupe:

N.B. 1. Par suite de la réduction d'échelle, l'horizon humifère n'est représenté et mentionné que lorsqu'il présente des caractères particuliers pris en compte par la cartographie. Son épaisseur est alors exagérée.

2. Lorsqu'un horizon n'existe que dans un petit nombre de bassins, ceux-ci sont indiqués à la suite de la caractérisation de l'horizon.

a Horizon humifère à répartition hétérogène de la matière organique et comportant soit des tâches ocres le long des pores soit des volumes gris, millimétriques à centimètres.

### Horizons surmontant des pegmatites:

b Horizon brun-jaune homogène, argilo-sableux à sable grossier et graviers quartzeux, riche en micro-agrégats décimillimétriques. Porosité visible tubulaire et surtout intermicroagregats bien développée.

c Horizon analogue à b, mais de couleur brun-rouge et de texture un peu plus argileuse. Dans les bassins E, D et B, de grandes muscovites apparaissent au sommet de cet horizon et leur abondance augmente vers le bas.

d Horizon d'altération rouge à volumes jaunes centimétriques à décimétriques, à limite diffuse, sablo-argileux à sables grossiers et graviers de quartz, à grandes muscovites. Porosité visible intersticielle bien développée.

e Horizon d'altération blanc à volumes lithorelictuels centimétriques variablement indurés, rouges. Sablo-limono-argileux à sables grossiers et graviers quartzeux, grandes muscovites. Porosité visible tubulaire faible.

f Horizon brun-jaune au sommet devenant jaune pâle à la base. Argilo-sableux à sables grossiers et graviers de quartz. Porosité tubulaire moyenne au sommet. Présence d'un réseau de tubes millimétriques, paraissant orientés dans le sens de la pente, à la base de l'horizon, vers 30cm. Lors des pluies importantes, on observe une nappe perchée dans cet horizon.

g Horizon blanc, à volumes rouge-violacés lithorelictuels, plus ou moins indurés, à auréole ocre, alignés obliquement à contre-pente par rapport au versant. Argilo-limono-sableux à sables grossiers et graviers quartzeux. Le matériel blanc à une consistance de beurre très caractéristique en humide. Une nappe y fluctue en saison des pluies. Porosité visible tubulaire moyennement développée.

### Horizons surmontant des schistes fins:

h Horizon brun-jaune et argilo-sableux au sommet, brun-rouge et argileux à la base, à sables fins, riches en micro-agrégats décimillimétriques. Porosité visible tubulaire et surtout intermicroagregats bien développée.

i Horizon de transition entre h et j. Transition progressive de couleur et de porosité. Horizon non dissocié de h sur les bassins E et B.

j Horizon rouge, à volumes lithorelictuels rouge violacé ou brun-rouge, à induration croissante de bas en haut (sauf dans le bassin C où l'induration est forte dès la base) dépourvus de cuticule, et très adhérents à leur emballage. Argileux à sables fins. Porosité visible tubulaire faible.

k Horizon présentant les mêmes caractères texturaux et de porosité que j, mais de couleur hétérogène: réseau rouge sur fond jaune. Bassins B et A.

l Horizon rouge à lithorelictuels rouge violacé peu ou non indurés. Argilo-limono-sableux, à teneur en argile décroissante vers le bas, tandis que les limons fins augmentent, riche en fines paillettes de muscovite, louaher sericitiaux. Porosité visible tubulaire faible.

## LEGENDE DES FIGURES 1 et 2

m Horizon ayant les mêmes caractères texturaux et de porosité que l mais de couleur hétérogène: réseau rouge sur fond jaune passant à blanc en profondeur. Dans les bassins C et E cet horizon présente une porosité tubulaire bien développée et il est humecté.

n Horizon d'aspect analogue à celui de l, mais à texture plus sableuse et à porosité visible, de type intersticielle plus élevée. Bassin B.

o Horizon blanc à alignements lithorelictuels rouges, analogue à g mais à fraction sableuse fine. Magasin de nappe en saison des pluies.

p Horizon brun-jaune et sablo-argileux au sommet, passant progressivement à brun-rouge et argilo-sableux à la base. Vers l'avant, au-dessus de l'horizon m, la tainie d'ensemble reste à dominante jaune. Fraction sableuse fine. Porosité tubulaire bien développée au sommet, diminuant vers le bas. Lorsqu'il y a concentration nodulaire, elle s'efface dans cet horizon où fluctue également une nappe perchée lors des fortes pluies.

q Horizon jaune pâle à jaune verdâtre pâle, à volumes millimétriques ocres ou rouges peu contrastés et diffus. Sablo-argileux à fraction sableuse fine. Porosité tubulaire moyennement développée. Présence d'une nappe, perchée ou non, dans cet horizon en période pluvieuse. Dans les bassins G et F, présence de concrétions ferrugineuses (cf u).

r Horizon brun sablo-argileux à argilo-sableux, porosité tubulaire irrégulièrement répartie, localement grossière, moyennement développée. Bassin D.

s Horizon légèrement plus rouge que r, comportant des graviers de quartz friables et quelques lithorelictuels rouge-violacé peu indurés. Présence d'un réseau de chenaux de diamètre compris entre 1 et 10mm, orienté selon la pente du versant. Bassin D.

t Présence d'un réseau rouge sur fond jaune repéré par une courbe d'isodifférenciation. Bassins F et D.

u Présence de concrétions ferrugineuses constituées de dépôts ferrugineux concentriques bruns englobant un grain de quartz ou, plus souvent, une lithorelictuelle rouge violacée. Surface patinée ocre. Concrétions très abondantes (1) ou plus rares (2).

v Présence de nodules ferrugineux, le plus souvent lithorelictuels, à cuticule lisse, peu adhérents à l'emballage.

w Présence de volumes lithorelictuels ferruginisés indurés.

x Présence de blocs anguleux (1) de grès ferrugineux issus de bancs de même nature (2).

y Présence de blocs de cuirasse.

z Présence de graviers quartzeux dans l'horizon p.

Enveloppe des matériaux secs au toucher.

Limite d'horizon peu nette repérée de façon approximative.

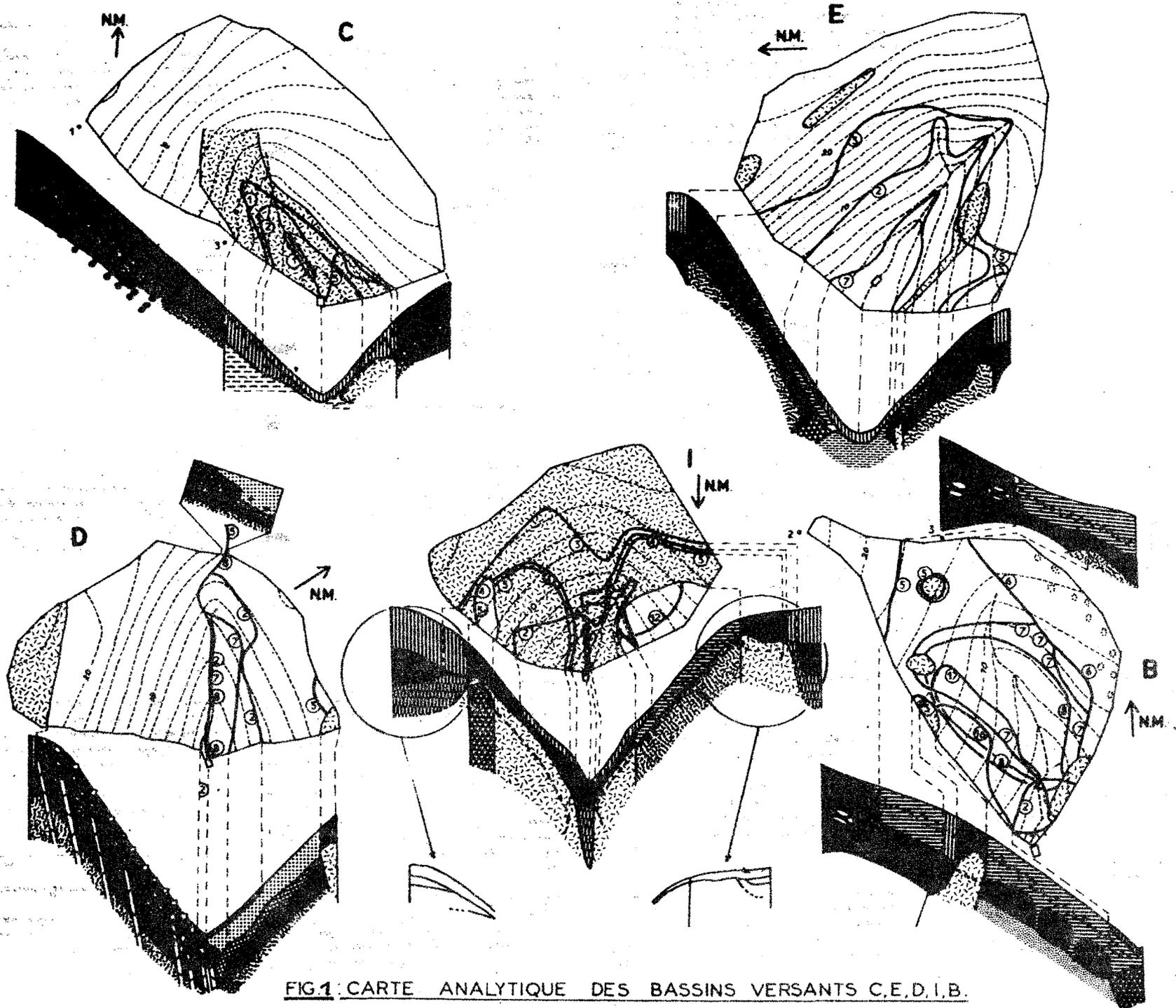


FIG.1. CARTE ANALYTIQUE DES BASSINS VERSANTS C.E.D.I.B.

## LEGENDE DES FIGURES 1 et 2 (suite)

### Légende des plans

- N.B. 1. La caractérisation de chaque courbe est rédigée pour un observateur qui la traverse en allant du côté du numéro.  
2. Les lettres minuscules entre parenthèses renvoient à la légende des horizons.  
3. Lorsqu'une courbe n'existe que sur un petit nombre de bassins, ces derniers sont indiqués.



substrat pegmatitique

1. Emplacement de profil dont les résultats analytiques sont présentés dans le texte

#### Courbes d'isodifférenciation :

- 1. L'horizon blanc (g), magasin de nappe, est situé à moins d'un mètre de la surface. Bassin C
- 2. Apparition dans l'horizon humifère de volumes gris à cerne ocre ou de taches ocre (a).
- 3. Disparition de l'horizon (c) brun rouge à micro-agrégats. Bassins I et J
- 4. Disparition de l'horizon d'altération rouge à volumes jaunes (d). Bassin I
- 5. Apparition de matériau sec au toucher ou (bassins D et E) apparition d'un réseau rouge sur fond jaune (t) au dessus de l'horizon argileux rouge (f).
- 6. L'horizon argileux rouge (g) est remplacé par un horizon à réseau rouge sur fond jaune (A) de même texture et porosité. Bassin B
- 7. Disparition de l'horizon argileux rouge (g) - ou de son équivalent réticulé (A). Bassins B et A
- 8. Disparition des blocs grésiferrugineux (bassin D); de l'horizon à concentration nodulaire ferrugineuse lithorelictuelle, des nodules pouvant persister, dispersés dans l'horizon (p) (Bassin B); des nodules ferrugineux lithorelictuels en surface du sol (bassin J); des nodules ferrugineux lithorelictuels ou des concrétions ferrugineuses (bassin G).
- 9. Disparition des nodules ferrugineux lithorelictuels (j) (bassins J, G, H)
- 10. Apparition de concrétions ferrugineuses peu abondantes et dispersées (u.1). Bassins F et G
- 11. Les concrétions ferrugineuses deviennent très abondantes (u.2). Bassins F et G
- 12. Disparition de l'horizon rouge sériciteux (l) qui fait place à l'horizon sériciteux réticulé (m).
- 13. Disparition aval des matériaux secs au toucher. Bassins J, F, G, H
- 14. La nappe phréatique influence le sol jusqu'à la surface. Sol à dominante grise puis blanche, gorge d'eau en période pluvieuse. Bassins F, G, H.
- 15. Disparition des graviers quartzux, issus de pegmatites amont, dans l'horizon (p) - qui en est normalement dépourvu - Bassin I et surtout J rive gauche
- 16. L'horizon argilo-limoneux rouge sériciteux (l) est remplacé par un horizon de même aspect mais plus sableux et qui n'est pas sec au toucher (n).  
Bassin B rive droite
- 17. Amincissement de l'horizon humifère qui devient très peu épais ou absent. Bassin B.

x

x x

Dans les bassins mixtes, on observe une juxtaposition de domaines à drainage vertical libre et de domaines à drainage vertical bloqué, le passage de l'un à l'autre nous renseignant sur le déterminisme du basculement du drainage. Le cas le plus courant a été observé sur les bassins E et B pour les schistes fins, sur les bassins I et J pour les pegmatites.

En "E", le sol est, à l'amont, analogue à ce qu'il est en C si ce n'est d'une part l'absence de volumes lithorelictuels indurés dans les horizons profonds, d'autre part une moindre épaisseur des horizons supérieurs poreux. Lorsqu'on descend la pente, l'ensemble supérieur poreux s'amincit progressivement. Quand son épaisseur devient inférieure à environ 70 cm, on voit apparaître à sa base un réseau rouge sur fond jaune (cf. Courbe 5, Fig. 1 E) qui traduit un début d'engorgement à ce niveau. Vers l'aval, les horizons supérieurs jaunissent, autre manifestation d'engorgement (léger), d'abord juste au-dessus du réseau puis jusque sous l'horizon humifère, tandis que le passage de ces horizons jaunes à l'horizon argileux rouge sousjacent devient rapide, surtout en ce qui concerne la porosité visible qui passe de moyenne à faible. L'horizon argileux rouge, qui était humecté à l'amont, devient sec au toucher. Ce caractère a, par ailleurs, été associé à un comportement peu perméable entraînant une circulation de l'eau essentiellement superficielle et subsuperficielle latérale (HUMBEL, 1978), qualifiée plus brièvement de "drainage vertical bloqué". Ceci traduit donc le basculement du drainage. Notons cependant que ce caractère "sec au toucher" ne signifie pas que le matériau correspondant est effectivement sec : l'eau qu'il contient, fixée du fait de la finesse de la porosité (HUMBEL, 1978), ne confère pas au matériau qu'elle imprègne le comportement mécanique (plasticité etc.) que l'on associe au caractère humide. De même, un certain flux hydrique traverse certainement ces matériaux, mais son itinéraire reste inconnu. Néanmoins, ce flux reste sans doute faible, si bien qu'une part importante du transit de l'eau s'effectue dans la partie supérieure du sol. On a montré par ailleurs (BOULET et al., 1979) que la circulation latérale d'eau induite par ce blocage partiel du drainage vertical s'accompagne d'une concentration relative des éléments les plus résistants présents dans l'horizon sous-jacent, constitués essentiellement ici par des lithoreliques ferruginisées indurées. La démonstration de ce phénomène a été faite sur migmatites, où elle est facilitée par l'absence totale de nodules et de lithoreliques indurées dans les deux mètres supérieurs de la couverture à drainage vertical. Sur schistes, la couverture à drainage vertical comportant souvent des nodules, la distinction entre ceux-ci et ceux qui sont concentrés par la dynamique latérale est difficile : On est alors aidé par l'examen des courbes d'isodifférenciation qui montrent généralement une relation entre la source des nodules (l'horizon argileux rouge) et l'existence de l'horizon à concentration nodulaire.

Tout à fait à l'aval, les matériaux secs au toucher disparaissent et l'on décèle en saison des pluies, à une profondeur accessible (moins de 2 m), la frange capillaire d'une nappe phréatique.

En "B", le basculement du drainage a fortement régressé vers l'amont où l'on observe encore un sol dont la partie meuble est analogue à celle du sol à l'amont de C ou E, mais envoie des blocs de cuirasse nombreux et volumineux rendant très difficile la pénétration de la tarière. C'est pourquoi la transformation latérale correspondant au basculement du drainage n'a pu faire l'objet d'une étude aussi précise qu'en E. On constate seulement qu'elle correspond aussi à un amincissement des horizons à microagrégats. Un fait nouveau apparaît en "B" : les matériaux secs au toucher persistent à l'aval jusqu'à l'exutoire ; l'étanchéisation (relative, cf. supra) aval du bassin est dès lors complète.

D'autres caractères du bassin B lui sont spécifiques. Tout d'abord, en bordure rive droite, l'horizon argileux rouge est discontinu (cf. représentation schématique sur la coupe inférieure, fig. 1). Ce caractère est associé (cf. Courbe 16) au remplacement de l'horizon rouge sériciteux par un horizon de même aspect mais nettement moins argileux à son sommet, plus riche en sables grossiers, et qui n'est pas sec au toucher au contraire de l'horizon argileux rouge sus-jacent. Cette variation est sans doute liée à une modification locale de la granulométrie du schiste, elle permet de préciser le déterminisme du blocage du drainage vertical. En effet, on constate d'une part qu'une modification granulométrique d'un horizon normalement observé sec au toucher dans les couvertures à drainage vertical bloqué peut s'accompagner d'une humectation tactilement perceptible, qui a été par ailleurs reliée (HUMBEL, 1978) à un drainage vertical profond. Précisons cependant que la seule apparition d'une fraction sableuse grossière ne suffit pas puisque nous verrons plus loin que les matériaux d'altération des pegmatites, riches en sables grossiers bloquent le drainage à l'égal de l'horizon argileux rouge. Le facteur discriminant associe certainement plasma et squelette dans leur arrangement relatif, faisant alors intervenir l'organisation élémentaire. D'autre part, le caractère discontinu de l'horizon argileux rouge apparaît comme le résultat d'une transformation en un matériel plus jaune, poreux, ana- à l'horizon immédiatement sus-jacent, et que colonisent les racines, qui gagnent ainsi les horizons inférieurs. Dès lors, la seule présence d'un horizon à porosité telle qu'elle provoque, dans certaines conditions, un blocage relatif du drainage, n'est pas suffisante pour maintenir ce blocage : si la porosité du matériel sous-jacent n'est pas elle-même inductrice du même effet, le drainage vertical se rétablit.

En second lieu, la disparition des caractères et volumes jalonnée par les courbes 7 et 8,17, peut être reliée à une troncature de la partie supérieure du sol. L'horizon à concentration nodulaire apparaît comme fortement lié à la présence sous-jacente de l'horizon argileux rouge comportant des lithoreliques déjà indurées, cette liaison est modulée par des phénomènes de colluvionnement que l'on précisera plus loin (bassin J). Mais la disparition de l'horizon argileux rouge (donc, à plus ou moins brève échéance, de la concentration nodulaire) apparaît généralement comme une transformation de cet horizon par les horizons sus-jacents où transite l'eau de drainage latéral. Il ne s'agit pas alors d'une simple troncature par érosion mais d'un phénomène plus complexe où la pédogénèse superficielle intervient au premier chef. En "B", au contraire, la disparition précitée est liée à l'amincissement puis à la quasi disparition de l'horizon humifère (courbe 17) en même temps que les horizons plus rouges de profondeur affleu-

ECB2

ECB3

Profondeur cm	0 5	5 20	30 40	50 60	70 80	90 100	110 120	0 5	5 20	30 40	50 60	70 80	110 120	150 160	190 200	
Refus %	23	12	50	63	64	54	46	31	59	45	30	11	2	2	2	
Texture %	Argile	32,1	37,0	43,6	53,5	54,3	40,4	14,9	16,9	27,6	40,2	42	34,3	23,4	17,4	
	Limon fin	4,3	5,3	5,5	3,4	4,9	3,7	5,0	3,3	4,1	5,3	11,1	17,8	29,7	28,9	27,4
	Limon grossier	3,0	2,7	3,0	3,0	3,0	3,5	4,5	1,6	7,5	4,1	3,0	2,4	3,2	4,3	3,9
	Sable fin	22,3	21,8	19,6	17,3	14,1	15,7	16,6	23,4	28,1	29,1	18,7	13,7	15,6	9,1	25,6
	Sable grossier	30,0	28,3	23,0	20,0	22,5	25,1	32,8	51,1	39,8	31,8	25,7	23,6	20,4	23,6	26,1
Matière organique	Carbone ‰	51,1	36,8	28,9	16,0			33,3	20,2	9,7	5,8					
	Azote ‰	2,7	2,3	1,8	1,2			1,5	1,3	0,8	0,5					
	M. org. %	2,8	6,4	5,0	2,7			4,0	3,5	1,7	1,0					
	C/N	18,9	16	16	13			15,5	15,5	12,1	11,6					
pH eau	4,19	4,69	5,1	5,1	5,1	5,1	5,3	4,8	5,0	5,3	5,1	5,3	5,1	5,3	5,5	
Complexe absorbant	Ca	0,21	0,19	0,19	0,27		0,04	0,01	0,17	0,12	0,08	0,03		0,01	20,01	
	Mg	0,40	0,22	0,19	0,10		0,05	0,03	0,18	0,13	0,04	0,02		0,16	0,03	
	K	0,12	0,08	0,05	0,03		0,02	0,01	0,05	0,04	0,01	0,01		0,01	20,01	
	Na	0,11	0,07	0,12	0,01		0,02	0,01	0,05	0,04	20,01	20,01		20,01	20,01	
	S	0,84	0,56	0,55	0,42		0,14	0,06	0,15	0,33	0,13	0,06		0,18	0,03	
	T	9,25	8,80	6,80	4,10		1,85	1,80	4,85	4,50	3,4	3,65		5,45	1,40	
	S/T %	9,1	6,4	8,1	10,2		7,6	3,3	9,3	7,3	3,8	1,6		3,3	2,1	
% Phosphore total	0,11	0,20	0,20	0,21				0,08	0,06	0,04	0,03					
% Fer total																

TABLEAU 2: RESULTATS ANALYTIQUES DE DEUX PROFILS DU BASSIN MIXTE B  
DRAINAGE VERTICAL LIBRE: ECB 2; DRAINAGE VERTICAL BLOQUE ECB 3

rent. Il semble qu'il s'agit alors d'un cas où l'érosion superficielle intervient beaucoup, érosion repérée par l'ensemble plus ou moins concentrique des courbes 7, 8, 17 qui dessine en quelque sorte l'amorce d'une fenêtre dans la couverture pédologique. Cette fenêtre ne paraît pas en relation directe avec la topographie et le réseau de drainage ; son déterminisme reste inconnu pour le moment. On peut toutefois relier à cette érosion la faible extension en "B" des caractères d'hydromorphie dans l'horizon humifère (courbe 2), leur apparition nécessitant un développement normal de cet horizon.

On constate également sur le versant rive gauche, le remplacement de l'horizon rouge compact par un horizon de même texture, structure et porosité, mais à coloration hétérogène formant un réseau rouge sur fond jaune. Une telle variation de couleur apparaît normalement en bas de pente ou dans les zones à drainage externe faible (col du bassin H) où elle correspond à un pseudogley et envahit de bas en haut l'horizon argileux rouge s'il existe encore, et surtout l'horizon rouge sériciteux qui devient "horizon sériciteux réticulé" ; elle ne peut toutefois être qu'héritée dans le cas où elle affecte un matériau sec au toucher. Dans certains cas, et plus particulièrement dans les bassins B, A, I, cette variation est indépendante de la topographie actuelle. Elle correspond vraisemblablement à un héritage à rattacher à la topographie initiale.

Enfin, sur le bassin B apparaît un micromodelé caractéristique des sols à drainage vertical bloqué à pente faible. Il s'agit de dépressions plus ou moins circulaires, de 2 à 3 mètres de diamètre, profondes d'une cinquantaine de centimètres, emplies d'eau en saison des pluies, appelées localement djougoung-pété. BLANCANEAUX (1973) étudiant ces dépressions attribue leur origine à la fois à l'imperméabilité des horizons profonds entraînant une saturation par l'eau des couches supérieures et une déstabilisation des arbres, et aux cuvettes créées par la chute consécutive des arbres. Il attribue leur localisation sur les replats sommitaux au fait que les arbres y sont plus sensibles au vent et que leur chute en est facilitée. L'étude de l'apparition et de la localisation de ces dépressions dans la séquence des couvertures pédologiques des bassins permet de préciser leur déterminisme. Totale-ment absentes des sols à drainage vertical libre, elles se situent exclusivement sur les parties à pente faible des couvertures à drainage vertical bloqué, replats sommitaux mais aussi cols entre deux bassins. Ils disparaissent dès que la pente dépasse 10%. L'étude de quelques-uns d'entre eux (E. FRITSCH, 1977) montre que l'évolution (sinon le déclenchement) de ces dépressions est d'ordre géochimique et correspond à des exportations de matière en profondeur. On peut actuellement estimer que lorsque la pente, sous l'effet de l'évolution pédologique elle-même (cf. infra), devient suffisamment faible pour limiter le drainage externe, toute dépression, qu'elle soit due à la chute d'un arbre ou à une autre cause, piège l'eau de pluie. Cette eau finit, malgré l'imperméabilité (relative) du substrat, par s'infiltrer en entraînant avec elle des substances dissoutes. Cette exportation de matière suffirait à la longue à entretenir et à développer les dépressions, qui finissent par s'anastomoser en créant des chenaux.

Le tableau 2 apporte quelques précisions analytiques. En ECB 3, sol à drainage bloqué, le maximum du refus en 5-40 cm correspond à l'horizon à concentration nodulaire. La diminution entre 40 et 120 cm indique

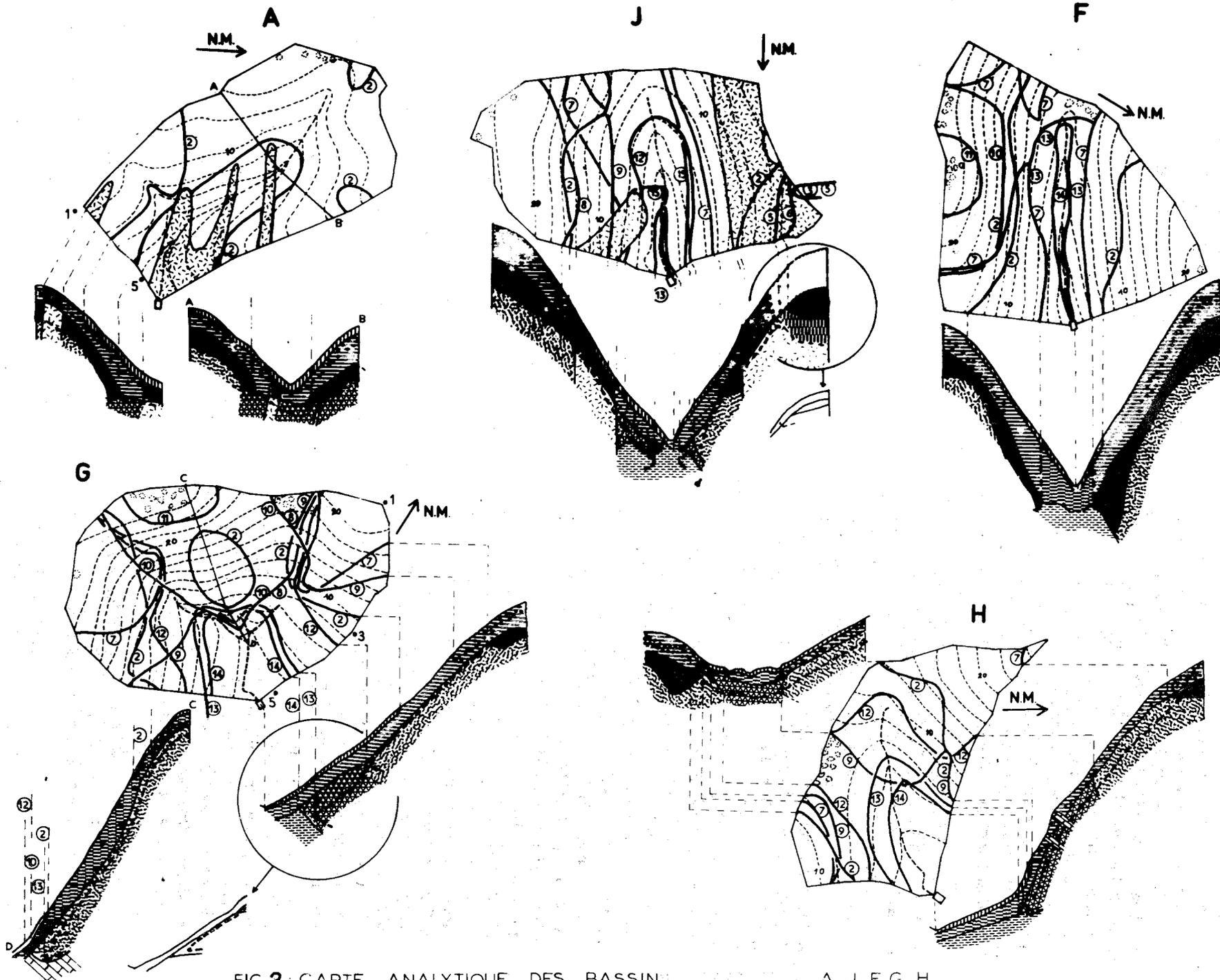


FIG 2 CARTE ANALYTIQUE DES BASSIN A, J, F, G, H.

une diminution de l'induration des lithoreliques ferruginisées dans l'horizon argileux rouge, sa quasi disparition au-delà confirme le caractère meuble de ces mêmes lithoreliques dans l'horizon rouge sériciteux. Du point de vue textural, on constate que l'augmentation du taux de limon fin, non perçue à l'amont (ECB 2) faute de prélèvement assez profond (on la perçoit en ECC 1 et 3) commence en ECB 3 dès 50 cm et que cette fraction prend une importance prépondérante dans l'horizon rouge sériciteux. Le taux de matière organique diminue notablement entre ECB 2 et 3 pourtant très voisins, variation rendue significative par sa répétition sur les autres bassins mixtes, et qui montre que les sols à drainage vertical bloqué sont moins organiques que ceux à drainage vertical libre. La capacité d'échange varie dans le même sens ainsi que les teneurs en bases échangeables qui restent malgré tout très faibles (taux de saturation de l'ordre de 10%).

Dans les bassins versants où le basculement du drainage s'effectue sur pegmatite, les horizons sont différents mais les mécanismes apparaissent comme analogues.

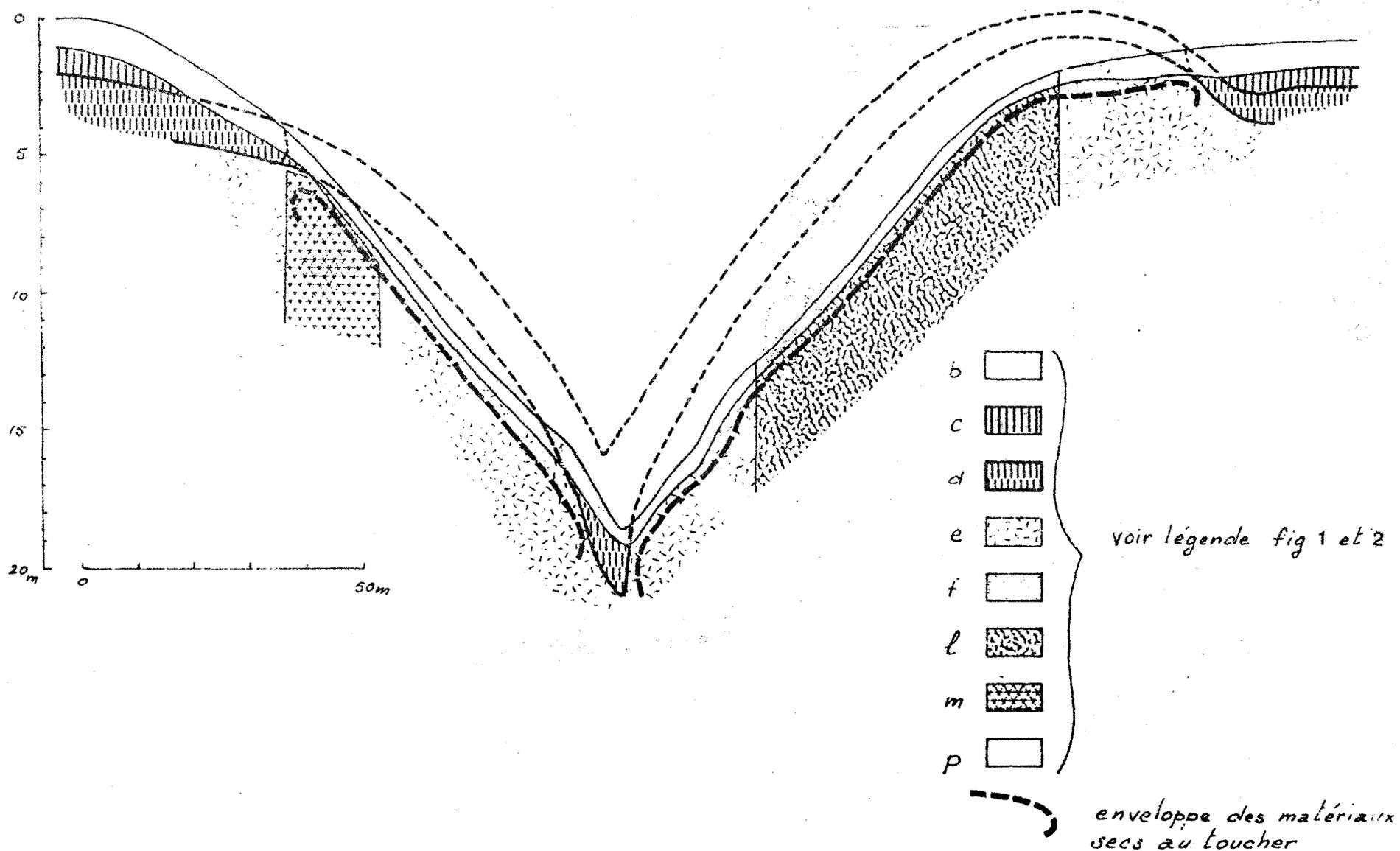
Sur les pegmatites des bassins I et J dont les parties à drainage vertical sont en continuité (l'amont du versant droit de I est contigu avec l'amont du versant gauche de J), on observe à l'amont un sol épais de deux mètres environ, brun jaune au sommet, rouge jaune à la base, à croissance régulière du taux d'argile vers le bas, à fraction sableuse grossière, très microagrégé et poreux, bien humecté sur toute son épaisseur. Sa base est soulignée par un alignement de quartz anguleux non ferruginés, plus ou moins espacés. Au-dessous apparaît un matériau d'altération rouge à volumes jaunes, assez sableux, contenant de grandes muscovites, rares au-dessus, à porosité intergranulaire bien développée. En profondeur, la couleur de fond passe à blanc avec des volumes rouge violacé ferruginisés, tandis qu'on distingue des fantômes de feldspaths et que la porosité visible diminue. Vers l'aval, l'épaisseur du sol diminue, la ligne de quartz se rapprochant de la surface. L'horizon rouge à microagrégats finit par disparaître (Courbe 3) puis la partie supérieure rouge et jaune, sableuse, du matériau d'altération. Enfin, lorsque l'épaisseur de la partie supérieure poreuse de la couverture pédologique devient inférieure à 1 m environ, apparaissent les matériaux secs au toucher. C'est très précisément l'étude de cette zone de basculement du drainage sur pegmatite qui sera présentée cette après-midi par J.-M. GUEHL. Le sol à drainage vertical bloqué est peu épais, il comporte un horizon humifère épais de 15 cm, brun, à répartition irrégulière de la matière organique, sableux à sablo-argileux à sable grossier, poreux. L'horizon suivant va jusqu'à 30 à 40 cm, il est brun beige clair, sablo-argileux à sable grossier. Il contient des quartz que l'on a raccordés à ceux de la ligne de quartz amont et qui acquièrent dans leur nouveau milieu un cortex ferrugineux. Un peu à l'aval du basculement du drainage, on voit apparaître, à la base de cet horizon et sur 5 à 6 cm d'épaisseur, un réseau de canaux nettement orientés parallèlement à la pente et qui constituent probablement les voies d'écoulement préférentiel de l'eau circulant latéralement. - On devine l'existence de canaux analogues dans les sols à drainage bloqué sur schiste fin mais leur observation est rendue difficile par la présence des nodules quasi jointifs -. Avec une transition de 10 cm, l'horizon précédent passe au matériau d'altération de la pegmatite, blancs à volumes rouges, riche en grandes muscovites et en graviers de quartz à porosité tubulaire faible. Le matériel sec au toucher est atteint vers 1 m de profondeur.

Sur le bassin I, la zone de basculement du drainage, matérialisée par la courbe 5 présente une disposition curieuse qui s'explique lorsqu'on étudie la géométrie réelle des horizons (Fig. 3). En anticipant quelque peu sur l'interprétation générale, on peut saisir, lors des descriptions des bassins mixtes antérieurs, que la couverture à drainage vertical bloqué résulte de la transformation de la couverture à drainage vertical libre qui apparaît ainsi comme une couverture initiale, tandis que la couverture à drainage vertical bloqué est "incisée" dans la précédente. En général, la topographie de ce qui reste de la couverture initiale est peu accidentée, la pente de la couverture dérivée étant plus forte. Ainsi, sur le bassin "J" les horizons de la seconde (ainsi que la topographie) recoupent la première, les pentes restant dans le même sens. Le bassin I nous montre une interférence plus complexe entre couverture initiale et couverture dérivée. En effet si l'on reconstitue (Fig. 3) la géométrie de la couverture initiale à partir de ce qui en reste (superposition d'horizons plus ou moins complète à l'amont, matériau d'altération rouge à volumes jaunes dans le thalweg), on constate que le thalweg actuel se trouve simplement décalé par rapport au thalweg de la couverture initiale qui devait donc présenter localement des pentes assez fortes. Ces pentes étaient toutefois moins fortes qu'actuellement puisque dans le thalweg, les horizons supérieurs de la couverture initiale ont disparu.

Le cas du bassin J sera à nouveau envisagé après celui du bassin A car sa couverture sur schiste fin se classe entre celle du "A" et du "F".

Le bassin D est également mixte mais avec une répartition différente des types de drainage. Le versant droit, à drainage vertical libre, se distingue par la présence jusqu'en surface de très nombreux blocs anguleux gréseux quartzo-ferrugino-gibbsitiques issus de filonnets très redressés de même nature, observés en place dès 1 m de profondeur. Les horizons supérieurs très microagrégés et poreux passent progressivement à l'horizon argileux rouge puis à l'horizon rouge sériciteux qui ne diffèrent de ceux déjà décrits que par la présence des filonnets gréseux. On n'observe pas de matériau sec au toucher en profondeur. Le versant gauche est à drainage vertical bloqué, le caractère sec au toucher apparaissant dans l'horizon argileux rouge. La transition supérieure de ce dernier est marquée par un réseau rouge sur fond jaune. Juste au-dessus apparaît sur une épaisseur de 5 à 10 m une porosité tubulaire grossière (mm), forte, orientée dans le sens de la pente et probablement en relation avec la circulation latérale de l'eau. On note la disparition totale des filonnets et des blocs gréseux au niveau du thalweg (Courbe 8), et même la quasi absence de lithoreliques ferruginisées, où celle de l'horizon à concentration nodulaire. Cette dissymétrie des versants se traduit également par l'inexistence de manifestations d'hydromorphie dans l'horizon humifère du versant droit (elles apparaissent tout juste à l'exutoire du bassin) et leur large développement sur le versant gauche. Pour identifier le déterminisme du basculement du drainage, on a creusé une tranchée sur la courbe d'isodifférenciation (5) correspondant à l'apparition du réseau surmontant l'horizon argileux rouge et qui manifeste une certaine stagnation de l'eau à ce niveau. On constate que ce réseau apparaît après disparition des blocs gréseux quasi jointifs dans les horizons surmontant l'horizon argileux rouge, blocs dont l'origine est sans doute colluviale puisque les filonnets ont déjà disparu des horizons profonds. Il s'agirait donc dans ce cas d'un

Fig 3. Reconstitution de la topographie d'un horizon témoin de la couverture initiale du bassin I



ECA 1								ECA 5								
Profondeur cm	0	5	30	50	80	110	150	0	5	30	50	80	110	120	150	
	5	20	40	70	100	120	170	5	20	40	70	100	120	140	170	
Refus %	15	49	45	31	24	28	6,3	8	9	41	52	37	36	12	16	
Texture %	Argile	13,7	25,3	31,0	39,0	37,6	35,0	28,4	16,5	16,1	17,9	19,4	25,8	26,6	26,3	19,3
	Limon fin	6,3	6,6	8,6	13,5	20,1	20,3	25,2	3,5	3,8	4,4	5,0	8,9	14,9	25,0	35,7
	Limon grossier	4,4	4,2	5,4	4,7	5,1	4,1	6,6	2,4	2,5	2,7	1,7	2,5	2,9	3,5	3,3
	Sable fin	29,4	28,6	30,9	21,7	18,8	19,2	25,1	21,1	23,2	21,2	10,9	13,2	14,6	21,9	30,4
	Sable grossier	40,8	33,9	23,7	21,2	19,7	21,9	16,5	52,9	53,7	54,8	64,0	51,6	42,7	25,2	14,3
Matière organique	Carbone %	39,0	20,2					27,2	17,2							
	Azote %	2,6	1,4					1,7	1,2							
	M org %	6,7	3,5					4,7	3,0							
	C/N	14,8	14,7					15,8	14,5							
pH eau	4,7	4,9	5,0	5,2	5,6	5,6	5,9	5,1	4,8	5,2	5,4	5,3	5,5	5,2	5,1	
Complexe absorbant	Ca	0,23	0,04	0,02	0,02	<0,01	0,02	0,01	0,17	0,03	0,06	0,04	0,01	0,02	0,02	0,03
	Mg	0,62	0,20	0,05	0,06	0,04	0,03	0,08	0,32	0,09	0,10	0,08	0,05	0,08	0,10	0,11
	K	0,12	0,07	0,02	0,02	0,01	0,01	0,04	0,10	0,05	0,15	0,03	0,01	0,03	0,04	0,04
	Na	0,08	0,07	0,05	0,05	0,04	0,03	0,05	0,72	0,03	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	S	1,05	0,38	0,14	0,15	0,08	0,09	0,18	1,31	0,20	0,36	0,19	0,11	0,17	0,20	0,21
	T	8,65	5,10	3,20	2,65	3,15	5,35	3,80	5,65	3,30	2,45	2,35	2,95	2,10	5,75	3,70
	S/T %	12,1	7,5	4,4	5,7	2,9	1,7	4,7	23,2	6,1	14,7	8,1	3,7	8,1	3,5	5,7
Phosphore total‰	0,26	0,25						0,11	0,11							
Fer total %	6,1	9,2	14,1	17,6	18,5	17,9	17,9	2,1	3,2	4,4	8,8	13,1	9,5	7,1	5,0	

TABLEAU 3. RESULTATS ANALYTIQUES DE DEUX PROFILS DU BASSIN A. HAUT ET BAS DE PENTE.

maintien du drainage vertical et profond grâce à l'existence d'un squelette grossier jointif.

x

x x

Dans le bassin A, l'évolution amorcée dans les bassins mixtes se poursuit par la disparition complète des horizons argileux microagrégés de l'amont. Sur l'ensemble du bassin, thalweg compris, on observe un sol à drainage vertical bloqué avec des matériaux secs au toucher présents en profondeur. Le sol varie peu dans sa partie supérieure. On distingue un horizon humifère sableux à sablo-argileux, peu épais (10 à 15 cm), à tendance grumeleuse, où des manifestations d'hydromorphie sous forme de volumes centimétriques gris à cerne ocre existent sur la presque totalité du bassin (Courbe 2), extension due à la fois au blocage du drainage vertical et à la faible pente générale des versants. Au-dessous de l'horizon humifère se situe un horizon jaune, argilo-sableux, à nodules ferrugineux presque jointifs, durs, constitués d'un matériel ferruginisé où l'on reconnaît des structures pétrographiques, entourés d'une cuticule fine brun foncé lisse. C'est dans cet horizon, à porosité tubulaire et intersticielle bien développée, que l'on décèle une nappe perchée fugace lors des fortes séquences pluviales. Vers cinquante centimètres de profondeur, on passe avec une transition rapide de porosité (5 cm), plus progressive de couleur (15 cm) à l'horizon "argileux rouge" qui contient des lithoreliques ferruginisées, sans cuticule, adhérant à leur emballage, d'abord dures puis devenant plus tendres avec la profondeur. Au-dessous la teinte devient plus rouge, les lithoreliques sont meubles, de fines muscovites apparaissent, la texture s'allège : on passe à l'horizon rouge sériciteux. Des variantes existent qui concernent d'abord la couleur des horizons profonds. En effet en rive gauche (cf. Coupe AB), l'horizon argileux et le sériciteux sont à réseau rouge sur fond jaune, variation analogue à celle observée sur le bassin B et pour laquelle on proposera la même interprétation. En second lieu, la présence de filons de pegmatite amène l'intercalation de sols à drainage bloqué analogues à ceux décrits sur le bassin I.

Les résultats analytiques (tableau 3) sont analogues, en particulier en ce qui concerne la texture, à ceux du sol à drainage bloqué du bassin B. On note d'amont en aval un appauvrissement général en argile qui correspond à la disparition de l'horizon argileux rouge compact.

x

x      x

Le bassin J, dans sa partie développée sur schiste fin, correspond à une nouvelle étape caractérisée par la disparition aval des matériaux secs au toucher (Courbe 13). Cette disparition s'effectue au sein d'un horizon analogue au magasin de nappe du bassin C, apparu sous l'horizon sériciteux réticulé. Cet horizon est blanc, à alignements lithorelictuels rouges indurés et auréolés d'ocre, sablo-argileux, à toucher onctueux en humide, à porosité visible tubulaire assez bien développée. Simultanément on observe une régression vers l'amont de l'horizon argileux rouge (Courbe 7), qui est plus précocement recoupé par les horizons supérieurs, siège de la dynamique latérale de l'eau. Ainsi, l'horizon argileux rouge a disparu du col et n'existe plus que sur les deux tiers amont des versants (en l'absence de pegmatite car il n'existe pas sur cette roche mère).

Ainsi constate-t-on que la partie sur pegmatite du bassin J est mixte avec un amont à drainage vertical, (très peu étendu il est vrai) passant rapidement à un sol à drainage vertical bloqué, tandis que la partie sur schistes fins du bassin correspond à un stade beaucoup plus avancé. Ceci s'explique par le fait que le basculement du drainage est ici beaucoup plus tardif sur pegmatite que sur schiste fin, ce qu'atteste la petite enclave de schiste fin située au sein du domaine à drainage vertical libre de ce bassin. Sur cette enclave en effet, les matériaux secs au toucher sont présents (Courbe 5) à moins d'un mètre de profondeur et le drainage a déjà basculé alors qu'il est encore vertical sur la pegmatite environnante. La réciproque existe dans le bassin B où les matériaux secs au toucher, donc le blocage du drainage vertical, disparaissent sur les flots de pegmatites, totalement (flot axial) ou partiellement (flot en bordure rive droite).

Grâce à la localisation exclusive des pegmatites à l'amont du versant rive gauche, le bassin J nous permet d'étudier le problème du colluvionnement sur sol à drainage bloqué avec des pentes fortes (30%). En effet, les pegmatites sont source de graviers ( $\phi > 2$  mm) quartzeux, totalement absents sur schiste fin, et qui peuvent servir, par leur présence sur ces derniers, d'indicateurs de colluvionnement. Tout d'abord, dans l'horizon argileux rouge et à fortiori dans le sériciteux, les graviers de quartz sont absents. Dans ces horizons, le contact schiste in-pegmatite prolonge strictement le contact pétrographique, comme il a souvent été observé dans des fosses : il y a là autochtonie totale. Au-dessus, dans les horizons humides, les graviers de quartz sont présents à l'aval de la pegmatite sur une certaine distance. Leur disparition est repérée par la courbe 15, à peu près parallèle à la limite aval de la pegmatite et distante de celle-ci de 20 à 26 m selon la ligne de plus grande pente. Ceci nous donne une idée de la portée du colluvionnement pour la fraction gravier et pour cette valeur de pente. Elle apparaît étonnamment faible en regard à la fois de la pente et de l'importance du ruissellement sur ces sols à drainage bloqué.

Sur l'autre versant du J, on peut faire une observation analogue pour le colluvionnement des nodules grâce à la situation inverse de la précédente : un filon de pegmatite dominé par des schistes fins. Les pegmatites ne présentent pas en effet, de structures pétrographiques ferruginisées suffisamment résistantes pour se maintenir jusque dans les horizons pédoplasqués et se transformer en nodules. Quand, exceptionnellement, des nodules ferrugineux sont présents, ils sont certes lithorelictuels mais figent des structures de schistes fins (alignements de fines muscovites) et sont donc allochtones. Tel est le cas des nodules présents sur les pegmatites en rive droite du "J". Plus précisément on observe que, sur ce versant, les nodules sont présents jusqu'en surface (à l'amont de la courbe 8) lorsque l'horizon rouge compact sous-jacent contient déjà à son sommet des lithoreliques ferruginisées indurées. Dès que celles-ci disparaissent, et sont remplacées par des lithoreliques "plus profondes", meubles, les nodules se localisent sous l'horizon humifère puis se raréfient ne formant plus en coupe qu'une mince concentration qui vient s'épuiser à la base des horizons à dynamique latérale. Si l'allochtonie, donc ici le colluvionnement, n'est certaine qu'à l'aplomb de la pegmatite, le quasi parallélisme entre la courbe 8 jalonnant la disparition des nodules en surface et la courbe 9 jalonnant la disparition complète des nodules, toutes deux distantes de 20 à 25 m, suggère que l'ensemble des nodules situés à l'aval de la courbe 8 sont colluvionnés. Ce type de raisonnement est possible sur le bassin J grâce à un concours favorable de circonstances. On se gardera de toujours conclure à l'allochtonie des nodules quand ils sont absents en surface. En effet d'autres facteurs peuvent intervenir, en particulier des facteurs pétrographiques comme la plus ou moins grande abondance dans la roche mère de volumes susceptibles de se transformer en lithoreliques ferruginisées. On retiendra cependant que l'ordre de grandeur du colluvionnement des éléments grossiers, nodulaires ou quartzeux, sur sol à drainage vertical bloqué, est de 20 à 30 m.

x

x      x

L'étape suivante est atteinte dans les bassins F, G, H, où non seulement les matériaux secs au toucher disparaissent à l'aval, mais où une nappe phréatique vient affleurer dans le thalweg en saison des pluies et participe ainsi à l'écoulement de surface du bassin. Cette nappe n'est probablement pas alimentée par le bassin lui-même puisque celui-ci est à drainage vertical bloqué. Même si ce blocage n'est pas total, la composante verticale du drainage susceptible de se maintenir à travers les horizons secs au toucher est, selon toute vraisemblance, très insuffisante pour alimenter une nappe phréatique qui donne lieu à un écoulement quasi permanent dans l'exutoire des bassins F, G, H en saison des pluies. Cet écoulement est faible car seule une mince couche de la nappe est interceptée, ce qui suppose un inféroflux important sous l'exutoire. L'alimentation de cette nappe est à rechercher dans les domaines à drainage vertical libre de la région, ces domaines se situant surtout dans les parties hautes. Notons enfin que la réapparition graduelle d'une nappe phréatique en bas de versants des bassins J, F, G, H ne peut être prise en compte dans le degré d'évolution de la couverture pédologique que parce que la surface des bassins est peu variable, ayant été choisie autour de 1 ha. En effet,

Profondeur cm	ECG 1					ECG 3					ECG 5					
	0 5	5 20	50 60	90 100	200 210	0 5	5 20	50 60	90 100	200 210	0 5	5 20	50 60	80 90	140 150	
Refus %	11	58	20	9	6	2	8	5	4	3	1	2	17	19	32	
Texture %	Argile	24,0	23,1	50,3	45,5	31,6	16,9	19,3	36,9	34,8	24,0	14,3	14,3	21,5	25,0	21,8
	Limon fin	4,1	5,5	8,1	18,4	23,3	5,2	5,0	13,6	23,7	26,9	2,7	4,2	6,8	12,2	18,9
	Limon grossier	4,1	4,6	4,6	4,6	5,0	4,4	4,5	5,0	6,3	7,7	4,0	5,5	4,8	4,6	4,6
	Sable fin	33,3	30,3	20,0	13,0	16,8	38,4	37,7	24,6	14,1	24,2	40,1	42,0	39,7	33,7	28,3
	Sable grossier	26,8	32,7	16,6	19,0	24,0	31,9	31,0	19,1	21,3	17,4	35,2	32,7	26,3	24,1	26,5
Matière organique	Carbone ‰	45,0	26,2	5,6			22,2	15,0	4,7			24,3	11,4	2,97		
	Azote ‰	2,6	1,8	0,5			1,6	1,2	0,4			1,5	0,8	0,22		
	M. org. %	7,8	4,5	1,0			3,8	2,6	0,8			4,2	2,0	0,5		
	C/N	17,2	14,7	11,2			13,8	13,1	11,1			15,8	13,6	10,6		
pH eau																
Complexe absorbant	Ca	0,10	0,07			0,01	0,09	0,05	0,04		0,03	0,13	0,08	0,02		0,02
	Mg	0,62	0,19			0,02	0,30	0,21	0,24		0,11	0,34	0,11	0,05		0,06
	K	0,13	0,07			0,01	0,09	0,04	0,04		0,01	0,09	0,05	0,02		0,02
	Na	0,12	0,09			0,03	0,07	0,06	0,08		0,03	0,06	0,04	0,05		0,03
	S	0,97	0,43			0,07	0,55	0,36	0,40		0,18	0,62	0,28	0,14		0,13
	T	10,7	5,55			1,75	4,1	2,7	2,75		7,1	4,15	2,00	1,75		2,25
	S/T %	9,1	7,6			4,0	13,4	13,3	14,6		2,5	14,9	14	8		5,8
Phosphore total ‰	0,19	0,13				0,25	0,21				0,1	0,09				
Fer total																

TABLEAU 4: RESULTATS ANALYTIQUES DE TROIS PROFILS DU BASSIN G, HAUT, MI ET BAS DE PENTE.

si l'on avait placé l'exutoire du bassin A quelques dizaines de mètres plus à l'aval, la nappe phréatique générale aurait influencé la partie basse du bassin mais la surface de ce dernier eût été naturellement plus grande.

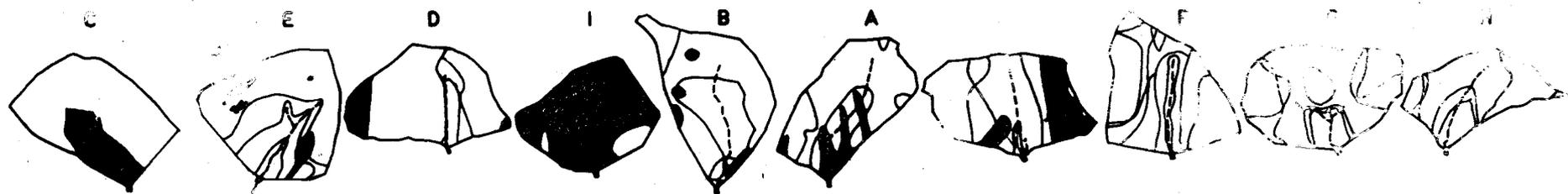
Si en F l'horizon argileux rouge a peu régressé à partir de l'aval par rapport au bassin J (1), on constate sur la rive droite une disparition à partir de l'amont de ce même horizon qui ne subsiste qu'en flots (Courbe 7). Ce phénomène s'accompagne du développement, sur le sommet d'interfluve et surtout sur le replat sommital, de l'horizon U (cf. Légende Fig. 1 et 2) où s'installe, en saison des pluies, une nappe perchée à écoulement latéral lent, voire nul sur le replat sommital. Cet horizon est également caractérisé par la présence de concrétions à épais cortex brun enrobant un volume ferrugineux lithorelic-tuel ou un quartz. Ce concrétionnement est maximum sur le replat sommital (Courbe 11), ce qui permet de l'attribuer à une mobilisation du fer avec des possibilités d'exportation limitées (confinement partiel pour le fer). Cet horizon se développe aux dépens de l'horizon sous-jacent sec au toucher qui est actuellement l'horizon rouge sériciteux, l'horizon argileux rouge ayant disparu. On observe un phénomène analogue sur le bassin G.

La régression vers l'amont de l'horizon argileux rouge s'accen-tue par contre dans le bassin G pour aboutir à une quasi disparition en H (Courbe 7). Cette régression est accompagnée par celle de l'horizon rouge sériciteux (Courbe 12) qui découvre ainsi l'horizon sériciteux réticulé sous-jacent.

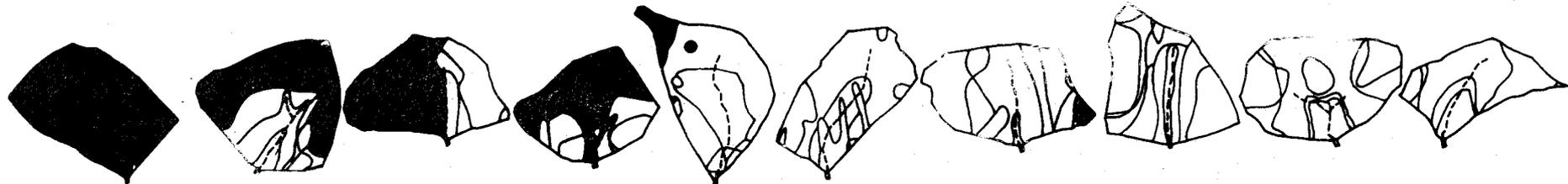
Les résultats analytiques du tableau 4 montrent l'analogie entre les sols amont des bassins A et G tous deux à drainage vertical bloqué et horizon argileux rouge présent. La disparition de l'horizon argileux rouge dans le profil G 3 s'accompagne d'un maximum d'argile plus faible (37% contre 50%) et d'une augmentation des limons fins plus superficielle, ce qui signifie qu'en descendant la pente on se rapproche du matériau d'altération.

---

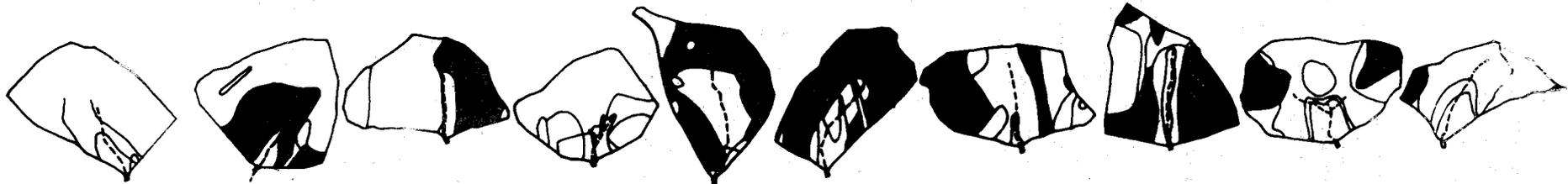
(1) Une réserve s'impose toutefois à ce sujet. Le bassin F fait partie des premières couvertures sur socle cartographiées selon la méthode analytique présentée précédemment. Il semble à posteriori que les critères permettant de distinguer l'horizon argileux rouge et l'horizon rouge sériciteux n'étaient pas assez précisément définis à cette époque. Il est donc possible que la courbe 7 qui jalonne la disparition de l'horizon argileux rouge ait été placée trop à l'aval. Le bassin F étant, par chance, un bassin témoin, nous pourrions en reprendre ultérieurement la cartographie.



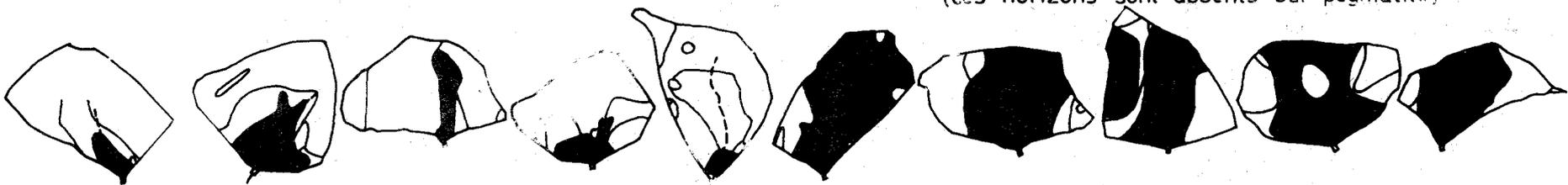
REPARTITION DES PEGMATITES



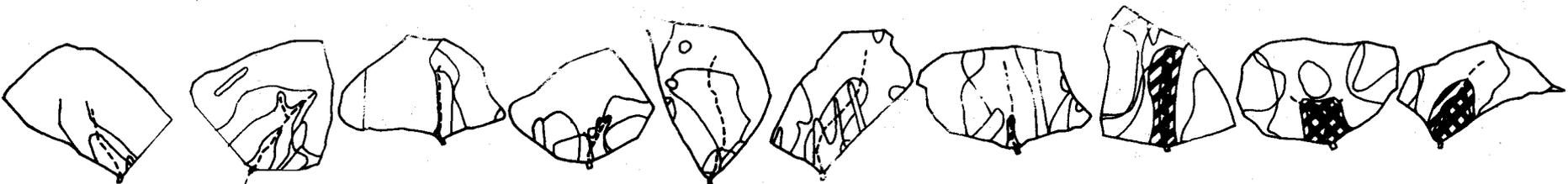
DOMAINES A DRAINAGE VERTICAL LIBRE



DOMAINES A DRAINAGE VERTICAL BLOQUE' OÙ L'HORIZON ARGILEUX ROUGE OU SON EQUIVALENT RETICULÉ EST ENCORE PRESENT (ces horizons sont absents sur pegmatite)



DOMAINE OÙ L'HORIZON HUMIFERE EST FORTEMENT MODIFIE PAR L'HYDROMORPHIE



-  Domaine aval où les matériaux secs au toucher ont disparu.
-  Domaine aval où, en saison des pluies, le sol est affecté par une nappe jusque en surface.

100m

**FIG.4.** EVOLUTION DE DIFFERENTS CARACTERES ET HORIZONS PEDOLOGIQUES D'UN BASSIN À L'AUTRE  
 N.B. la répartition des pegmatites n'est indiquée que parce qu'elle influence certains de ces caractères

C - VUE D'ENSEMBLE SUR LES COUVERTURES PEDOLOGIQUES DES BASSINS.  
RELATIONS GENETIQUES ET DYNAMIQUES

Après avoir passé en revue chacun des bassins en analysant aussi bien ses caractères majeurs que ses particularités, il convient de faire ressortir la signification du classement naturel des couvertures pédologiques des bassins basé sur la variation ordonnée, d'un bassin à l'autre, des assemblages de volumes ou d'horizons qui les constituent. Cette variation est présentée en plan sur la figure 4 où l'on voit successivement disparaître les domaines à drainage vertical libre puis l'horizon argileux rouge, réapparaître in fine l'influence d'une nappe phréatique aval malgré l'imperméabilité de la majeure partie du bassin. L'hydromorphie de surface, si elle s'étend du bassin C au bassin H montre des fluctuations que l'on peut attribuer à des facteurs complémentaires au type de drainage tels que la pente (bassin A).

A l'aide de schémas tirés des très nombreuses coupes réalisées lors du lever des cartes, on peut établir l'organisation simplifiée de chaque groupe de bassins ainsi que la dynamique de l'eau correspondante. La succession des schémas (Fig. 5) apparaît alors comme une séquence évolutive retraçant les transformations successives d'une couverture initiale. Celle-ci, intacte (ou insuffisamment transformée pour que sa dynamique de l'eau soit modifiée) en I, présente partout un drainage vertical libre. Le ruissellement est faible. Une nappe fluctue à l'aval. En II, l'amincissement de l'ensemble supérieur microagrégé provoque le basculement du drainage avec fort ruissellement et circulation latérale au-dessus d'un volume sec au toucher pas ou peu affecté par la dynamique de l'eau. Une nappe peut ou non être observée à l'aval. En III, le blocage du drainage est généralisé de la ligne de partage des eaux au thalweg. En IV, puis en V, la poursuite de l'enfoncement de la surface topographique et des horizons fonctionnels dans la couverture initiale font progressivement disparaître l'horizon argileux rouge tandis que le thalweg atteint le magasin de nappe général.

Des variantes viennent bien sûr se greffer sur ce schéma minimum. Leur inventaire se poursuit à l'occasion de la cartographie synthétique. Les principales variantes actuellement connues sont :

- La présence dans le matériau d'altération de filons gréseux résistants donnant au sol une charpente caillouteuse qui maintient une dynamique de l'eau verticale ou retarde le basculement du drainage (bassin D).
- Une texture plus grossière et plus sableuse du schiste, telle que seul l'horizon argileux rouge acquiert un comportement imperméable lors du basculement du drainage. Une dynamique de l'eau verticale peut alors se rétablir (bassin B).

- L'apparition aux stades IV ou V, sur les replats sommitaux d'horizons à concrétions ferrugineuses trahissant un confinement partiel du fer (bassins F et G).
- En dehors des bassins et sur pegmatite seulement, évolution aval vers la podzolisation avec décoloration des horizons sableux supérieurs et accumulation organo-ferrugineuse à leur base.

Il est dès lors possible de caractériser globalement la couverture pédologique d'un bassin versant ou d'un interfluve élémentaire de façon très précise, tant dans son organisation que dans sa dynamique, en indiquant seulement son stade d'évolution, que celui-ci corresponde à un stade de la séquence ou qu'il soit intermédiaire entre deux de ces stades. On dispose ainsi d'un outil de cartographie synthétique rapide par identification du stade d'évolution de la couverture pédologique grâce aux critères de reconnaissance établis à partir des cartes analytiques. Une telle cartographie permet d'extrapoler les résultats hydrologiques, agronomiques ou autres obtenus sur les bassins versants ou sur tout autre site expérimental de la même région naturelle.

### III - APERÇU SUR LES RELATIONS ENTRE LES DONNÉES PÉDOLOGIQUES ET CELLES D'AUTRES DISCIPLINES

Les résultats actuellement disponibles des travaux centrés sur ECEREX sont présentés dans les autres communications. Certains d'entre eux apportent un appoint précieux pour la compréhension de la dynamique des sols d'ECEREX. Leurs auteurs nous excuseront, je l'espère, d'anticiper très faiblement sur leur exposé pour évoquer ici un certain nombre de relations entre l'organisation de la couverture pédologique et son comportement hydrodynamique à l'échelle de parcelles de ruissellement et d'érosion ou à l'échelle du bassin lui-même.

Les résultats obtenus par J.-M. SARRAILH sur les parcelles de ruissellement et d'érosion renforcent et précisent les hypothèses sur la dynamique de l'eau déduites des données morphologiques et des mesures ponctuelles (HUMBEL, 1978). Sous forêt, le ruissellement est très faible sur sol à drainage vertical libre (DVL) (maximum mensuel 2% - ruissellement annuel 0,6 à 1,4%), l'infiltration est donc presque totale, malgré une pente de 18%. Sur sol à drainage vertical bloqué (DVB), deux parcelles parallèles ont été installées, l'une n'inclut que le haut de pente, l'autre, quatre fois plus longue, inclut le sommet et la majeure partie de la pente. Leur déclivité est voisine de celle de la parcelle à DVL. Les résultats montrent que le ruissellement sur le versant complet est élevé (maximum mensuel 30%, 15 à 22% de la pluie annuelle étant ruisselés). Le ruissellement se déclenche pour des pluies faibles et augmente rapidement avec la hauteur d'eau. La parcelle sommitale a un comportement intermédiaire entre celle à DVL et celle englobant le versant à DVB, quoique beaucoup plus proche de la seconde (maximum mensuel 22% - ruissellement annuel 10%). Plus précisément, pour les faibles pluies (15 mm environ) la parcelle sommitale à DVB

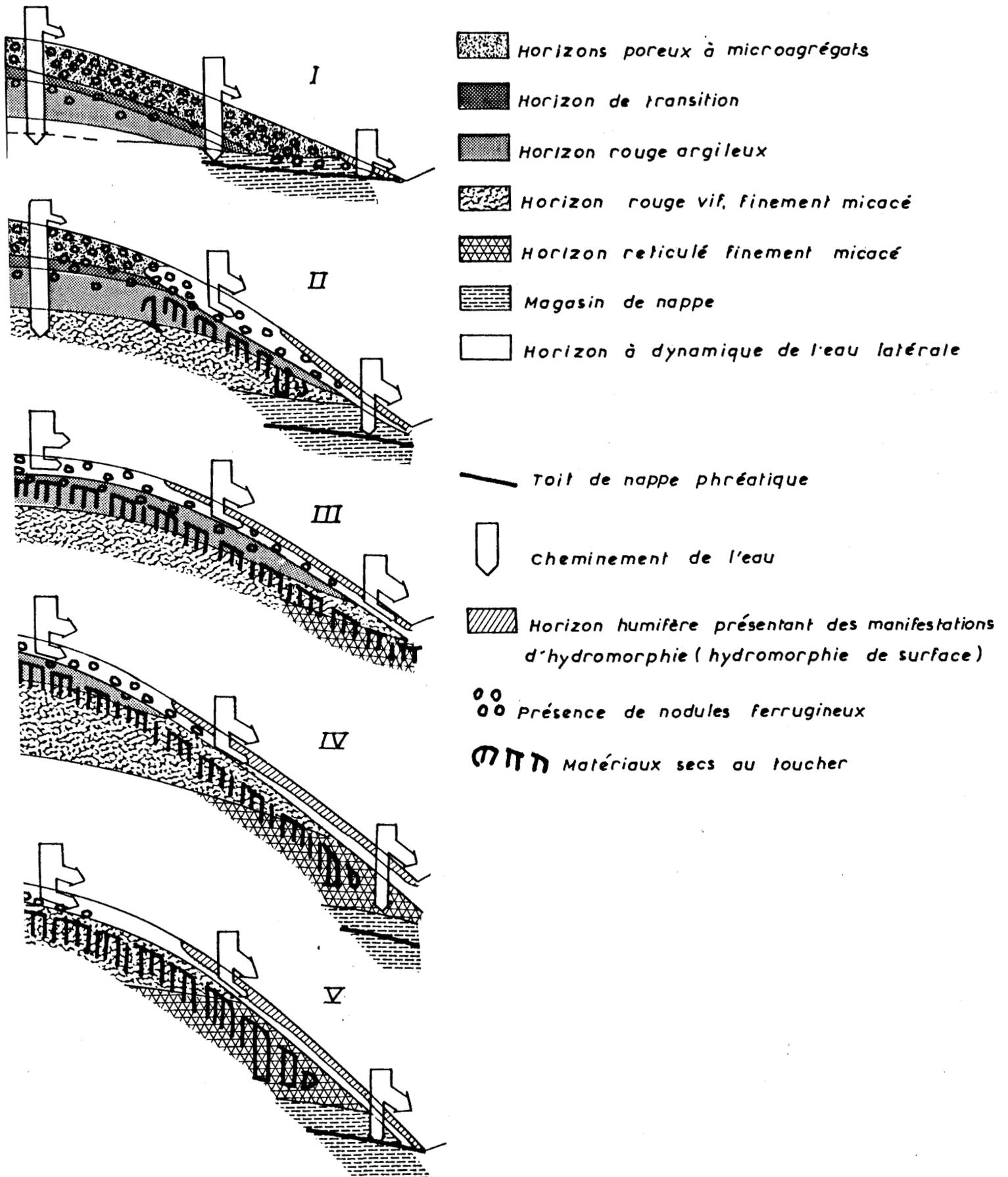


FIG. 5 : Schema des différents stades d'évolution des couvertures pédologiques sur schistes BONIDORO.

ruisselle très peu avec des valeurs très voisines de celle de la parcelle à DVL. Lorsque la pluie augmente, le ruissellement de la parcelle sommitale à DVB augmente jusqu'à rejoindre ceux de la parcelle à DVB englobant le versant pour les fortes pluies. Par ailleurs, des tests d'infiltration (méthode HUMBEL, 1978) effectués sur l'ensemble des bassins et à côté des parcelles de ruissellement mettent en évidence une perméabilité de surface très élevée sur sol à DVL, élevée sur la partie sommitale des versants à DVB mais diminuant rapidement sur la pente. On pense actuellement que cette différenciation des perméabilités de surface sur les versants à DVB est due au ruissellement lui-même. En effet, le ruissellement se cumule sur la pente et augmente en fréquence et intensité vers l'aval. Il est alors susceptible d'induire, par redistribution de particules fines, une diminution de la porosité de surface que ne pourrait contrebalancer l'activité biologique créatrice de pores. Ainsi le bilan serait-il au bénéfice de cette dernière sur les amonts, où la fréquence du ruissellement et, sauf pour les précipitations les plus fortes, son intensité, sont plus faibles, ce qui maintiendrait une bonne perméabilité de surface, tandis que ce bilan s'inverserait progressivement sur la pente.

La dynamique de l'eau des couvertures à DVB est éclairée par ces résultats. En effet, à l'amont, l'infiltration prédomine sur le ruissellement tant que l'eau de pluie est acceptée par le réservoir constitué par les horizons poreux et perméables surmontant les horizons secs au toucher. Lorsque ce réservoir est virtuellement rempli (remplissage seulement virtuel car il ne s'agit pas d'une saturation) et que son débit latéral hypodermique est dépassé, le surplus d'eau ruisselle en totalité, ce qui explique la rapide montée du ruissellement une fois ce seuil franchi.

Sur la pente par contre, la perméabilité de surface est faible et le ruissellement se déclenche pour des précipitations nettement plus faibles que celui de l'amont ; il augmente rapidement avec l'importance de la pluie et sans doute son intensité.

Les résultats obtenus sur les bassins versants caractérisent un plus vaste fragment de la couverture pédologique, le changement de surface par rapport aux parcelles étant de l'ordre de 1 à 100. De ce fait, la complexité des portions de couverture pédologique impliquées est beaucoup plus grande. Cette complexité se trouve toutefois éclairée et ordonnée par les résultats précédemment exposés et en particulier par la séquence évolutive (Fig. 5) et la possibilité de classer les bassins versants par stade d'évolution.

Les résultats hydrologiques des années 1977 et 1978 ont été étudiées par M.-A. ROCHE (1982). Ils concernent 8 bassins sur 10 et montrent entre autre que les bassins concernés se classent strictement en fonction de leur stade d'évolution pour ce qui concerne l'écoulement total, le ruissellement et l'érosion.

A partir de 1979, les 10 bassins ont fonctionné (J.-M. FRITSCH, 1981) et l'on constate entre autre (Tableau 5) le parallélisme entre le classement des bassins par écoulement annuel croissant et celui par degré d'évolution de la couverture pédologique. Ainsi que l'a déjà souligné M.-A. ROCHE, le type de drainage

de la couverture pédologique apparaît comme prépondérant par rapport aux autres facteurs tels que la pente.

TABLEAU 5

N°	Bassin	Coefficient d'écoulement annuel en 1979 (%) Ke	Surface à drainage vertical en % Dv	Participation de la nappe phréatique à l'écoulement	Stade d'évolution de la couverture pédologique du bassin
1	C	11*	99	Oui	I
2	I	15	60	Non	II
3	E	15	57	Non	II
4	D	16	60	Non	II
5	B	20	10	Non	entre II et III
6	A	22*	0	Non	III
7	J	31	2	Non	II + IV**
8	G	49	0	Oui	V
9	F	52	0	Oui	V
10	H	57	0	Oui	V

\* Valeurs reconstituées par corrélation à partir du bassin témoin B. Les intervalles de confiance à 90% sont 7-17% pour C et 18-27% pour A.

\*\* Le bassin J est au stade II pour la partie sur pegmatite, au stade IV pour la partie sur schiste fin. Cf. § B.

Ceci est dû à ce que les deux principaux types de drainage sont extrêmement différents et même à l'opposé l'un de l'autre. Pour quantifier cette observation, on rappellera (J.-M. FRITSCH, 1981) que, si l'on considère les six premiers bassins pour lesquels le type de drainage constitue le facteur explicatif de premier ordre, les coefficients d'écoulement Ke et les surfaces à drainage vertical libre sont liés par une régression linéaire avec un coefficient de corrélation de -0,99. Quant aux bassins dont la couverture pédologique est au stade V, il faut considérer que les eaux de surface qui transitent par ces stations de mesure proviennent du

ruissellement pur et retardé comme pour les bassins précédents, mais comportent également une participation des eaux de la nappe qui est interceptée par suite de l'enfoncement de la couverture fonctionnelle et de la topographie dans la couverture initiale. Cet enfoncement constitue un second paramètre explicatif du rendement hydrologique mais ne peut être quantifié actuellement.

Toutefois, s'il y a cohérence entre les caractéristiques pédologiques des bassins et leur comportement hydrologique, le bilan de ce dernier montre que le devenir de l'eau de pluie n'est pas entièrement connu. Ainsi, dans le bassin A où le drainage vertical est "bloqué" sur l'ensemble du modelé, exutoire compris, une part importante de l'eau apportée par la pluie (38%) ne passe pas par le déversoir et n'est pas évapotranspirée (cf. M.-A. ROCHE). Il ne peut s'agir là que d'une composante verticale du drainage dont l'itinéraire exact reste inconnu. En effet, J.-M. GUEHL (à paraître) montre que la perméabilité des horizons secs au toucher, estimée par la méthode de MUNTZ est le plus souvent nulle (Omm. en 12 heures), avec toutefois des possibilités locales et limitées de filtration. De même, l'étude des potentiels hydriques au sein de la nappe perchée indique un écoulement vertical nul ou très faible. Il y a là une contradiction qui nécessiterait pour être élucidée d'autres méthodes d'étude (marquage ?).

D'autres relations ont été mises en évidence entre le milieu pédologique et d'autres éléments de l'écosystème, la forêt primaire par exemple. Mais celles-ci n'apportant pas d'éléments supplémentaires de compréhension de la couverture de sol, on se reportera aux communications correspondantes.

#### IV - CONCLUSIONS

L'analyse structurale des couvertures pédologiques des bassins versants nous a permis d'acquérir une connaissance tridimensionnelle de leur organisation et de montrer qu'elles constituent les termes d'une même séquence évolutive commandée par un enfoncement relatif du niveau de base, lui-même conséquence d'un léger soulèvement du socle guyanais (BOULET et al., 1979).

Ces résultats d'ordre purement pédologique, confrontés au fur et à mesure de leur obtention avec ceux des spécialistes du fonctionnement hydrodynamique, ont contribué à l'établissement de relations qualitatives ou quantitatives entre données pédologiques et mesures hydrodynamiques aux différentes échelles : mesures ponctuelles (J.-M. GUEHL), parcelles de l'ordre de 100 m<sup>2</sup> (J.-M. SARRAILH), bassins versants de 1 ha (M.-A. ROCHE et J.-M. FRITSCH). Ils fournissent maintenant une référence pédologique détaillée aux observations sur les divers aménagements.

La cartographie synthétique, qui prend en compte la partie de chaque interfluve appartenant à un même stade d'évolution, doit permettre l'extrapolation de l'ensemble de ces résultats, qu'ils relèvent de la recherche de base ou de la recherche appliquée, à la région ainsi caractérisée.

B I B L I O G R A P H I E

=====

- BARRUOL J., 1959 - Carte géologique détaillée de la France. Département de la Guyane. Feuille de Kourou et notice explicative. Imprimerie Nationale, 17 p.
- BLANCANEAUX Ph., 1971 - Etude pédologique à 1/30.000 du bassin versant expérimental de la Crique Grégoire (Sinnamary - Guyane française). ORSTOM Cayenne.
- BLANCANEAUX Ph., 1973 - Notes de pédologie guyanaise. Les Djougoung-Pété du bassin versant expérimental de la Crique Grégoire (Sinnamary - Guyane française). Cah. ORSTOM, Sér. Pédol. Vol. XI, n° 1, p. 29-42.
- BLANCANEAUX Ph., 1981 - Essai sur le milieu naturel de la Guyane française. Travaux et Documents de l'ORSTOM, n° 137 - 126 p.
- BOULET R., 1977 - Aperçu sur le milieu pédologique guyanais. Caractères originaux et conséquences sur la mise en valeur. Rapport ORSTOM, Cote P. 150, 36 p.
- BOULET R., BRUGIERE J.-M., HUMBEL F.-X., 1979 - Relation entre organisation des sols et dynamique de l'eau en Guyane française septentrionale. Conséquences agronomiques d'une évolution déterminée par un déséquilibre d'origine principalement tectonique. Sc. du Sol, n° 1, p. 3-18.
- CHAUVEL A., 1978 - Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. Travaux et Documents de l'ORSTOM. 532 p.
- FRITSCH E., 1977 - Organisation d'une toposéquence de sols sur schiste Bonidoro de Guyane française (piste de Saint-Elie). Etude morphologique. Rapport ORSTOM. Cote P. 174, 72 p.
- FRITSCH E., 1979 - Etude des organisations pédologiques et représentation cartographique détaillée de quatre bassins versants expérimentaux sur schiste Bonidoro de Guyane française (piste de Saint-Elie). Rapport ORSTOM, Cote P. 183, 30 p. - 4 cartes (bassins A, C, E, F).
- FRITSCH J.-M., 1981 - Ecoulement et érosion sur les bassins versants ECEREX en 1979. Bull. ECEREX, n° 4, p. 23-44.
- GUEHL J.-M., à paraître - Dynamique de l'eau dans le sol en forêt tropicale humide guyanaise. Influence de la couverture pédologique. A paraître dans les Annales forestières de l'INRA en 1984.



LA DYNAMIQUE DE L'EAU DANS LE SOL MESUREE IN SITU  
DANS UN SYSTEME PEDOLOGIQUE MIXTE EN FORET PRIMAIRE

-o-

J.M. GUEHL

I.N.R.A. - C.N.R.F.

Champeaux

54280 SEICHAMPS

-|--|--|--|--

Le rôle important des deux types de drainage interne du sol\* existant dans la région des bassins versants ECEREX est apparu globalement à l'échelle de l'hectare (bassin versant ; FRITSCH, 1981 ; ROCHE, 1978) ou de l'are (parcelle d'érosion ; SARRAILH, 1981).

Mais, l'étude détaillée de la dynamique de l'eau à l'échelle du profil, c'est-à-dire celle de l'interaction entre le cycle hydrologique dans le sol et les végétaux n'a été qu'amorcée (HUMBEL, 1978).

Pour une telle étude, notre choix s'est porté sur un système de transition entre les deux types de couvertures extrêmes un tel système apparaissait comme un site-clé où les deux dynamiques pouvaient être saisies et le passage de l'une à l'autre précisé.

Dans la présentation des résultats qui suit, après un court rappel théorique, nous nous attacherons dans un premier temps à préciser les caractéristiques hydriques et hydrodynamiques des matériaux constitutifs des différents horizons du système étudié. Dans un second temps, nous donnerons une description du fonctionnement hydrique de ce système, tel qu'il a pu être appréhendé sur le terrain entre Mai 1980 et Juin 1981 à l'aide des méthodes neutroniques et tensiométriques, en mettant en évidence les relations avec les propriétés du matériau et les données climatologiques. Enfin, dans une dernière partie restant essentiellement prospective, nous nous intéresserons aux possibilités de quantification des termes du bilan hydrique sur la base des méthodes neutroniques et tensiométriques.

1. RAPPELS THEORIQUES SUR LA DYNAMIQUE DE L'EAU DANS LE SOL

Dans le système poreux sol, la force motrice des flux hydriques est constituée par le gradient de l'énergie potentielle de l'eau. Le potentiel total ( $\Psi_t$ ) de l'eau fait intervenir de façon additive un terme gravitationnel  $\psi_g$  lié aux variations d'altitude et compté négativement vers le bas et un terme d'état  $\psi_m$  pouvant être soit négatif (tension de liaison matricielle), soit positif (pression hydrostatique) sans solution de continuité pour  $\psi_m = 0$  (eau libre).

.../...

---

\* Drainage vertical libre (D.V.L.) et drainage vertical bloqué (D.B.V.) (BOULET 1978 ; BOULET, 1981 ; BOULET et al, 1979).

On a donc :  $\Psi_t = \Psi_g + \Psi_m$  (1) Les potentiels étant exprimés en millibars

Sans rentrer dans le détail du principe de fonctionnement d'un tensiomètre, signalons que ces appareils permettent, après choix d'une altitude de référence ( $\Psi_g = 0$ ) la mesure de  $\Psi_t$  et  $\Psi_m$  par simple lecture sur manomètre à mercure.

Dans le cas d'un écoulement unidirectionnel vertical (OZ), la densité  $\phi_z$  du flux hydrique instantané suivant Oz est reliée au gradient de  $\Psi_t$  par la loi de Darcy étendue aux conditions non saturées :

$$\phi_z = -K_z(\Psi_m) \frac{d\Psi_t}{dz} = -K_z(\Psi_m) \left[ \frac{d(\Psi_g + \Psi_m)}{dz} \right] \quad (2)$$

où  $K_z(\Psi_m)$  est la conductivité hydraulique du sol dans la direction OZ.

Le signe - indique une circulation dans le sens des potentiels décroissants.

La figure 1 montre deux exemples caractéristiques de profils verticaux de  $\Psi_t$ . Les équations (2) en permettent une interprétation hydrodynamique :

- Le profil 1, obtenu en période de fortes précipitations se caractérise par l'existence à la profondeur  $Z_H$  d'un niveau de potentiel matriciel  $\Psi_m$  nul sous lequel on est en conditions d'équilibre hydrodynamique (les variations verticales de  $\Psi_g$  sont exactement compensées par les variations de pression hydrostatique), on se trouve en présence d'une nappe d'eau sans écoulement vertical perceptible. Au-dessus du niveau  $Z_H$ , on est dans le domaine de l'eau liée ( $\Psi_m < 0$ ), l'existence d'un gradient négatif vers le bas indique une alimentation de la nappe par drainage en milieu non saturé.

- Le profil 2 est totalement hors saturation. A la profondeur  $z_0$ , un plan de flux nul ( $\frac{d\Psi_t}{dz} = 0$ ) partage le sol en deux zones hydrodynamiquement indépendantes. Au-dessous de  $z_0$ , existe un flux ascendant lié au flux évapotranspiratoire, en dessous de  $z_0$ , il y a drainage.

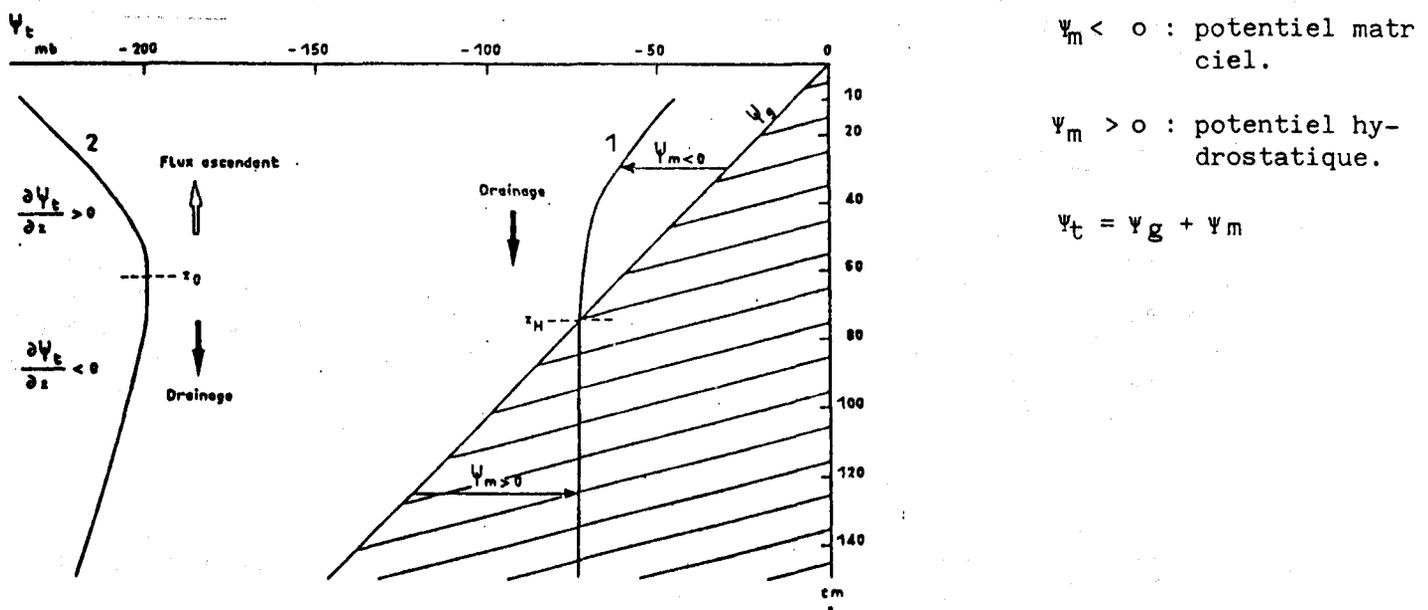


Figure 1 : Profils verticaux du potentiel hydrique ( $\Psi_t$ ) et interprétation hydrodynamique.

L'équation (2) combinée de conservation de la masse :

$$\frac{d\theta}{dt} = - \frac{d\theta Z}{dz} \quad (3) \quad \text{où } \theta \text{ représente l'humidité volumique du sol (cm}^3\text{/cm}^3\text{) et } t \text{ le temps.}$$

fournit dans le cas d'un milieu non foisonnant l'équation différentielle de l'écoulement vertical :

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{d}{dz} \left[ K_Z(\psi_m) \frac{d\psi_t}{dz} \right] \quad (4)$$

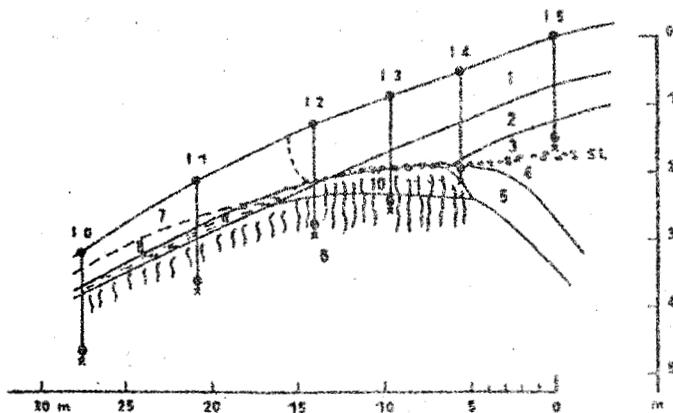
En milieu isotrope, les équations (2) et (4) se généralisent aux trois dimensions :

$$\phi = K(\psi_m) \nabla(\psi_t) \quad (5) ; \quad \frac{d\theta}{dt} = \nabla [K(\psi_m) \nabla(\psi_t)] \quad (6)$$

En conditions saturées  $\frac{d\theta}{dt} = 0$  et  $K$  est constant et égal à une maximale  $K_S$  pour laquelle l'ensemble de l'espace poral participe à l'écoulement.

## 2. DESCRIPTION DU SITE EXPERIMENTAL. CARACTERISATION HYDRIQUE ET HYDRO-DYNAMIQUE DU SOL

### 2.1. Description du site expérimental



: faces structurales verticales lissées.

: chenaux millimétriques dans le sens de la pente.

Figure 2 : Coupe topo-pédologique du transect d'étude. Les profondeurs des mesures tensiométriques (.) et neutronique (x) sont indiquées en chacun des sites  $I_0, \dots, I_{15}$ .

La figure 2 constitue une coupe topo-pédologique schématisée du transect d'étude situé légèrement en contrebas du sommet d'interfluve du bassin I et suivant une ligne de plus forte pente. Ce transect est caractérisé d'amont (D.V.L.) en aval (D.V.B.) d'une part par un amincissement progressif (incision de la surface topographique initiale), puis la disparition d'une couverture pédologique de type ferrallitique bien structurée et à forte porosité inter-agrégats (horizons 1, 2 et 3) de densité apparente voisine de 1,35 (densitomètre à membrane), d'autre part par la remontée progressive d'un matériau sablo-limono-argileux (horizon 6) présentant une structure d'altération de la roche-mère (pegmatite) de densité apparente plus élevée (1,65) et d'aspect plus compact. Les horizons de transition sableux (5) et sablo-limoneux (10) ont une densité apparente voisine de celle de l'horizon 6. Dans la suite, nous désignerons par "matériau d'altération" l'ensemble des horizons 5, 10 et 6.

- En Mai 1980, 5 batteries de tensiomètres (TI<sub>1</sub> à TI<sub>5</sub>) ont été installées en cinq sites (I<sub>1</sub> à I<sub>5</sub>) du transect d'étude (figure 2) pour l'établissement de profils verticaux du potentiel hydrique total ( $\Psi_t$ ) ou de potentiel matriciel ( $\Psi_m$ ) du sol. Les profondeurs de mesure étaient 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120 et 150 cm.

- En Août 1980, ont été mis en place 13 tubes d'accès neutronique en aluminium (diamètre intérieur 41 mm), dont 2 en I<sub>1</sub> (NI<sub>11</sub> et NI<sub>12</sub>), 2 en I<sub>2</sub> (NI<sub>21</sub> et NI<sub>22</sub>), 2 en I<sub>3</sub>, 2 en I<sub>4</sub> et 5 en I<sub>5</sub> (NI<sub>51</sub> à NI<sub>55</sub>) pour la mesure de l'humidité volumique du sol avec un humidimètre neutronique SOLO 20. Les mesures ont été effectuées tous les 10 cm entre 15 et 165 cm de profondeur.

Pour l'établissement des relations d'étalonnage linéaires reliant, en chaque niveau de mesure,  $\theta$  au comptage neutronique N :  $\theta = a N + b$ , une solution mixte a été adoptée :

a : détermination par la méthode d'analyse neutronique au Centre d'Etudes Nucléaires de CADARACHE (COUCHAT, 1977).

b : détermination à l'aide de la "méthode de terrain" (VALANCOGNE et al, 1977).

- En Janvier 1981, une batterie de tensiomètres supplémentaires (TI<sub>0</sub>) a été installée en aval de I<sub>1</sub>.

## 2.2. Courbe caractéristique de l'humidité du sol $\Psi_m(\theta)$ . Importance et répartition de la macroporosité.

A partir des données tensiométriques et neutroniques, nous avons établi des courbes  $\Psi_m(\theta)$  in situ en phase de désorption au cours de la petite saison sèche de Mars 1981 et au début de la grande saison sèche de Septembre 1980. Trois exemples de relations  $\Psi_m(\theta)$  sont représentés par la figure 3 (ajustement graphique). Outre leur signification hydrodynamique propre, des courbes permettent une bonne estimation de la répartition de la macroporosité du sol.

En effet, entre 0 et - 1 bar, le potentiel matriciel est surtout lié à la rétention capillaire (HILLEL, 1974). Si l'on admet que les pores sont cylindriques et que l'angle de contact eau-sol est nul,  $\Psi_m$  est relié au diamètre D des plus gros pores non encore vidangés par l'équation :

$$-\Psi_m = \frac{4\sigma}{D} \quad (7)$$

où  $\sigma$  est la tension superficielle à l'interface eau-air ( $\sigma = 0,072 \text{ Kg s}^{-2} = 720 \text{ m bar } \mu\text{m}$ ) à 25°C.

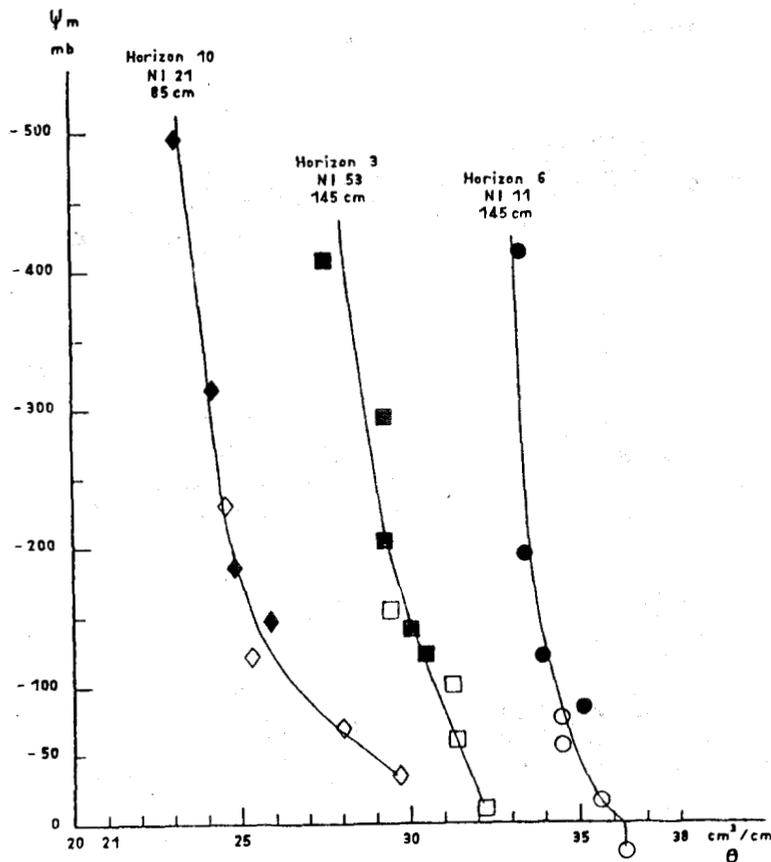


Figure 3 : Courbe caractéristique de l'humidité du sol  $\Psi_m(\theta)$  pour des niveaux de mesure appartenant aux horizons 3, 6 et 10.

Les hypothèses conduisant à une telle estimation n'étant jamais totalement vérifiées dans la réalité, notamment en raison de la complexité de la forme des pores et de leurs inter-connexions, cette estimation doit être considérée comme un moyen de classification des sols plutôt que comme une approche des valeurs réelles.

La figure 4 fait apparaître la répartition de la macroporosité pour différents horizons accessibles aux appareils de mesure. Dans certains cas, la non existence de points expérimentaux au voisinage de la saturation interdit les calculs pour les forts D.

Dans la partie aval du transect d'étude, la figure 4 (partie droite) met en évidence une opposition entre d'une part les horizons de surface 7 et 9 (sablo-argileux), 10 (sablo-limoneux) et 5 (sableux) à forte macroporosité et d'autre part l'horizon 6 de macroporosité faible.

En I<sub>5</sub> (partie gauche de la figure 4), on notera que le passage de l'horizon 2 à l'horizon 3 argileux s'accompagne d'une diminution importante de la macroporosité.

### 2.3. Conductivité hydraulique du sol

#### 2.3.1. Coefficient de perméabilité de MUNTZ ( $K'_S$ )

Ce paramètre permet un classement des sols selon leur perméabilité dans des conditions standardisées simples. En milieu homogène, il peut être considéré comme une approximation par défaut de la conductivité hydraulique à saturation  $K_S$ .

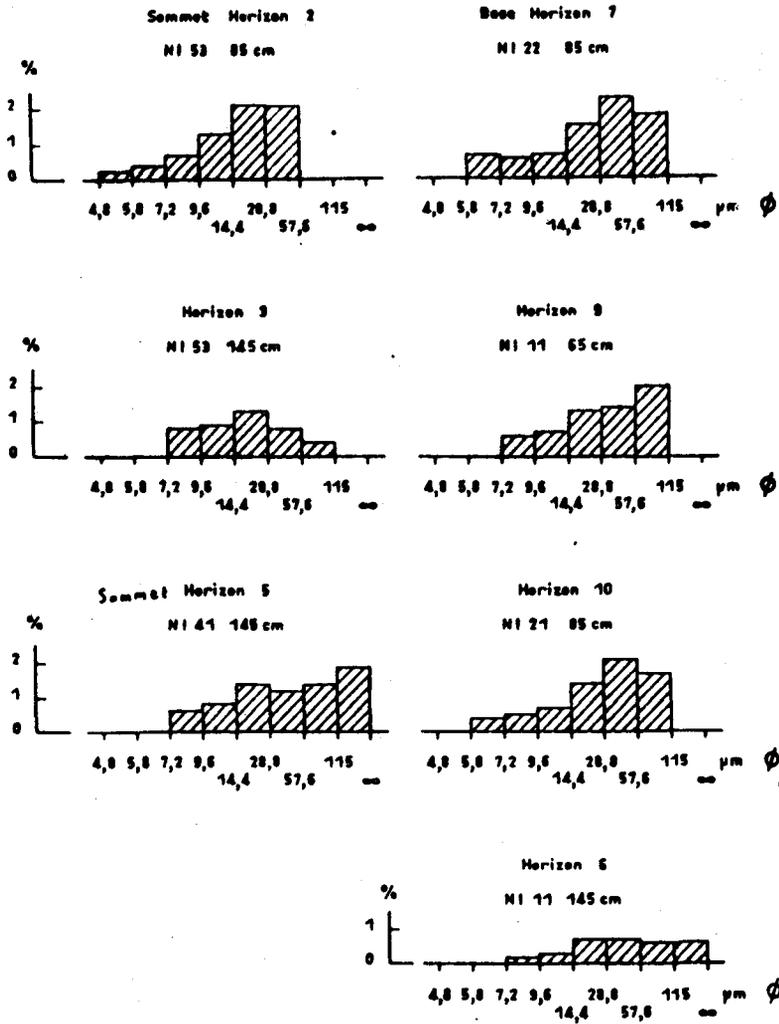


Figure 4 : Répartition de la macroporosité pour les principaux résultats du transect d'étude.

Trois profils verticaux de  $K'_S$  ont été établis par rafraîchissement de fosses d'observations pédologiques. Ils apparaissent sur la figure 5 en relation avec la succession des horizons pédologiques. Il est possible d'inscrire chacun de ces trois profils dans la coupe de la figure 2 : le profil A apparaît comme représentatif du site I5, B du site I2 et C du site I1.

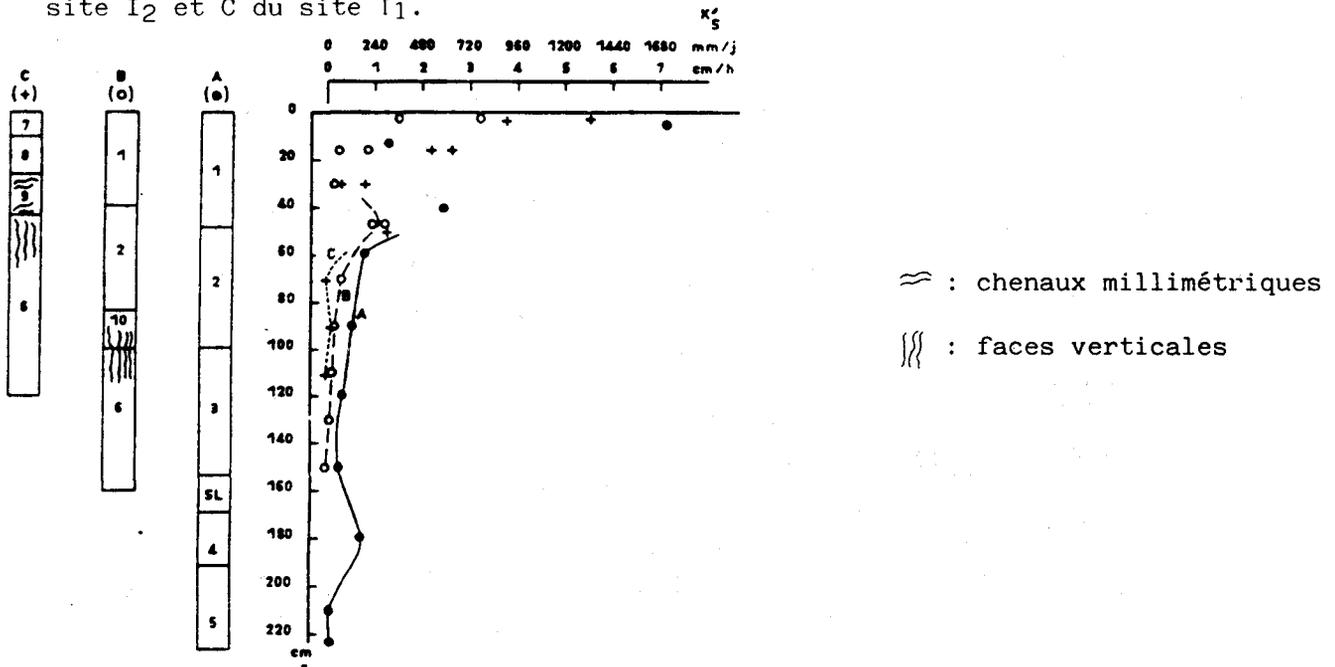


Figure 5 : Profils verticaux du coefficient  $K'_S$  (méthode de MUNTZ).

On notera pour les profils B et C l'existence de valeurs nulles de  $K'_s$  en profondeur dans l'horizon 6 (malgré la poursuite des essais durant une nuit), cependant que pour le profil A  $K'_s$  ne descend pas sous  $3 \text{ mm h}^{-1}$  dans les deux premiers mètres du sol, des valeurs plus faibles de l'ordre de  $3 \text{ mm h}^{-1}$  étant également notées en A à l'approche de l'horizon 6. Ces résultats sont bien en accord avec les mesures de densité apparente (2.1.) et les calculs de répartition de la macroporosité (2.2.)

### 2.3.2. Relations $K(\Psi_m)$ en conditions non saturées

L'établissement de telles relations est basé sur l'étude expérimentale (évolution des profils tensiométriques et neutroniques) du ressuyage du sol dans le cas d'un écoulement unidirectionnel vertical et en l'absence de sources et de puits hydriques (absence de précipitations et d'extraction racinaire). Suivant les modalités expérimentales, deux variantes méthodologiques peuvent être distinguées :

- Méthode du drainage interne (HILLEL, 1972). On impose un flux nul à la surface du sol en recouvrant le sol. Les profils évoluent alors sous le seul effet du drainage. Cette méthode est bien adaptée au cas des sols bien drainants.
- Méthode du plan de flux nul ou du bilan naturel (DAUDET et VACHAUD, 1977). On laisse ici évoluer les profils sous le double effet du drainage et d'un flux ascendant d'origine évaporatoire. IL y a apparition d'un plan de flux nul (cf. FIGURE 1) progressant plus ou moins rapidement en profondeur. Cette méthode peut-être utilisée dans le cas de sols mal drainants.

Suite au défrichage du bassin I en juillet 1981 (aménagement en abattis) il nous a été possible de maintenir une zone sans végétation autour du site d'étude et d'y effectuer des essais de caractérisation hydrodynamique en Octobre 1982 (grande saison sèche).

Les valeurs de  $K(\Psi_m)$  ainsi déterminées en  $I_5$  (drainage interne) et en  $I_1$  (bilan naturel) pour les horizons profonds sont rapportées par la figure 6 (représentation semi-logarithmique).

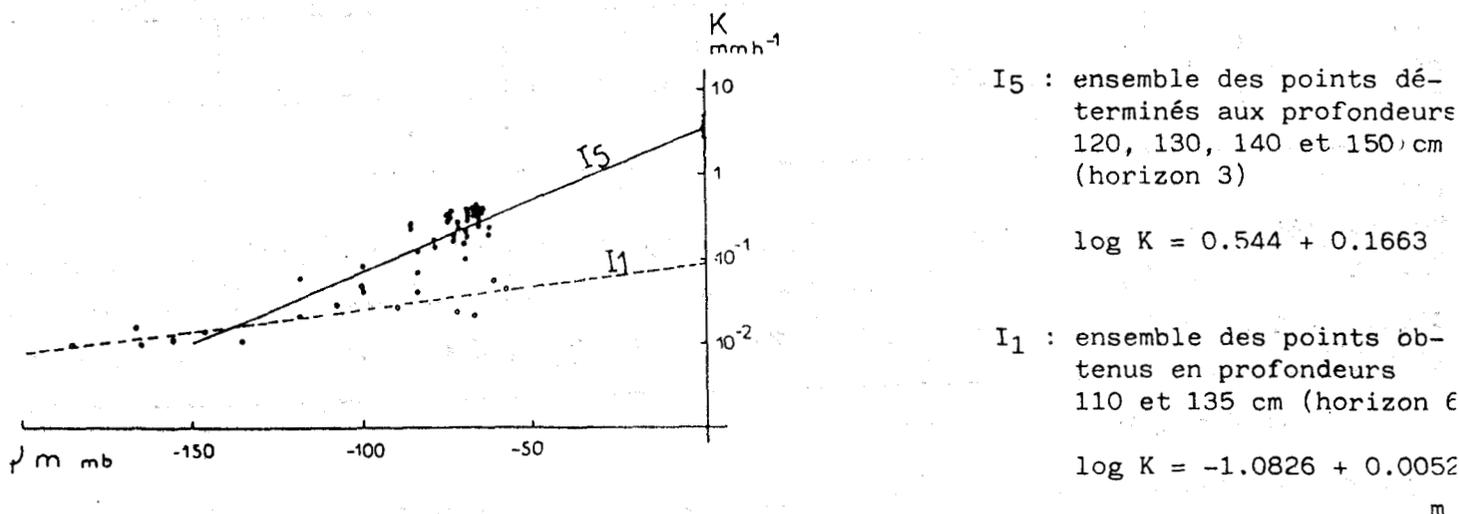


Figure 6 : Relation  $K(\Psi_m)$  obtenue par la méthode de drainage interne en  $I_5$  et par la méthode du bilan naturel en  $I_1$ .

En I<sub>5</sub>, le nuage de points obtenus couvre une plage de  $\Psi_m$  relativement restreinte, mais présente une allure générale linéaire bien en accord avec les valeurs fournies par la méthode de MUNTZ pour  $\Psi_m = 0$  que nous avons également reportées sur la figure 6 (valeur centrale = 3,5 mm h<sup>-1</sup> à 135 cm de profondeur et amplitude de variation de K'<sub>s</sub> dans l'horizon 3).

Pour I<sub>1</sub>, les points expérimentaux couvrent un domaine de  $\Psi_m$  plus important. La relation K ( $\Psi_m$ ) mise en évidence fournit par extrapolation une valeur de K<sub>g</sub> égale à 0.083 mm h<sup>-1</sup> 2 mm j<sup>-1</sup>, soit une valeur nettement inférieure à celle de I<sub>5</sub> (84 mm j<sup>-1</sup>). En raison d'une pente plus faible en I<sub>1</sub>, l'écart entre les deux sites diminue lorsque  $\Psi_m$  diminue, les deux droites de régression se recoupant pour  $\Psi_m = -140$  mb.

### 3. DYNAMIQUE DE L'EAU DANS LE SOL EN CONDITIONS NATURELLES

#### 3.1. Climatologie de la période étudiée (tableau 1).

	SEPT 80	OCT	NOV	DEC	JANV 81	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOÛT	Total période Sept. 80 Août 81
(1) température moyenne (°C)	26.9	26.5	26.1	25.3	25.3	25.2	25.7	26.3	25.9	25.4	25.6	26.4	25.9°C
(2) Rayonnement global (10 <sup>3</sup> Joules /m <sup>2</sup> /jour)	-	58.3	49.1	44.7	45.7	33.2	55.5	41.9	40.2	40.8	52.3	54.9	-
(3) Evaporation piche (mm)	60	59	47.6	31.9	43.8	23.3	53.3	31.4	28.1	26.7	33.8	44.5	483 mm
(4) Précipitations (mm)*	36	116	161	252	270	479	70	317	422	338	313	129	2903 mm
(5) ETP Thornthwaite (mm)	43	138	126	116	116	104	124	133	131	119	126	139	1515 mm
(6) ETP Panchet modifiée (mm)	188	185	149	100	137	73	167	98	88	83	106	141	1515 mm
(7) Bilan (4)-(6) (mm)	-152	-69	12	152	133	406	- 97	219	334	255	207	-12	1388 mm

\* Données Hydrologie ORSTOM.

Tableau 1 : Climatologie et estimation du bilan hydrique climatique de la période étudiée.

A partir des données fournies par un poste que nous avons installé sur la parcelle Arbocel, à 500 m environ du bassin I, dans une situation de coupe rase, il est possible d'estimer l'évapotranspiration potentielles (E.T.P.) par :

- la méthode de THORNTHWAITE pour laquelle le total annuel est de 1 515 mm, soit une valeur très vraisemblable pour la Guyane, mais les variations saisonnières apparaissent comme trop tamponnées.
- la méthode de BOUCHET (Piche corrigé) fournit un total annuel faible (1 016 mm), mais il a été établi (FOUGEROUZE, 1966) que cette méthode est bien adaptée à l'étude des variations saisonnières de l'E.T.P. en Guyane.

Nous avons alors établi des bilans hydriques mensuels en prenant en considération une valeur E.T.P. Bouchet modifié égale à :

$$\text{E.T.P. Bouchet} \times \frac{1\ 515}{1\ 016}$$

Ces bilans mettent en évidence deux périodes de déficit hydrique :

- Septembre - octobre 1980 (grande saison sèche). Déficit : 221 mm.
- Mars 1981 (petite saison sèche). Déficit : 97 mm.

A l'exception d'août 1981 (déficit : 12 mm), pour tous les autres mois le bilan est largement excédentaire.

### 3.2. Etude de l'écoulement souterrain en situation d'excès d'eau

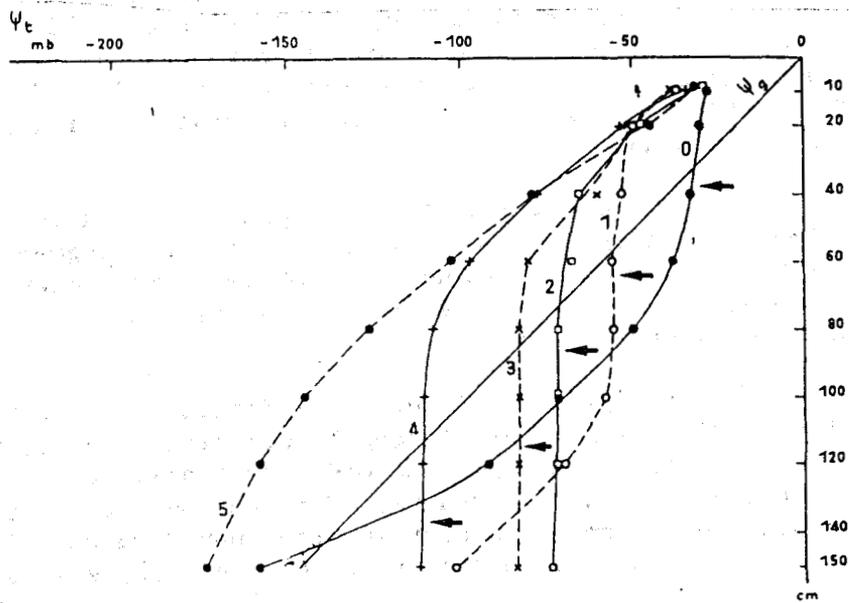


Figure 7 : Profils verticaux du potentiel hydrique total ( $\Psi_t$ ) le long du transect d'étude en situation d'excès d'eau (23 Février 1981).  $\Psi_g$  est annulé à la surface du sol en chacun des sites. 0 : TI<sub>0</sub> ..., 5 : TI<sub>5</sub>. Les flèches indiquent la profondeur d'apparition du matériau d'altération de la pegmatite.

La figure 7 présente les 6 profils verticaux du potentiel hydrique total obtenus le 23 février 1981 lors d'une période fortement pluvieuse. L'altitude de référence ( $\psi_g = 0$ ) est prise à la surface du sol en chacun des sites. La représentation graphique ainsi obtenue permet une comparaison inter sites de l'état de l'eau et de la nature des flux :

-  $I_5$  : drainage vertical en milieu non saturé suivant un gradient de potentiel sensiblement unitaire (écoulement gravitaire en milieu relativement homogène).

-  $I_4$ , et  $I_3$  et  $I_2$  : apparition d'une nappe d'eau à  $z_H$  à 113 cm en  $I_4$ ,  $z_H = 85$  cm en  $I_3$  ET  $z_H = 73$  cm en  $I_2$ . La remontée du niveau du toit de la nappe de  $I_4$  à  $I_2$  (se poursuivant d'ailleurs pour  $I_1$  et  $I_0$ ) est bien cohérente avec la remontée du niveau d'apparition du matériau d'altération. L'inexistence de perte de charge perceptible verticalement dans la nappe indique d'une part un écoulement vertical nul ou très faible et d'autre part que le plancher de la nappe (zone de très faible conductivité hydraulique) est situé à plus de 150 cm de profondeur.

Les profils observés en  $I_1$  et  $I_0$  sont plus complexes, mais peuvent être interprétés à la lumière des travaux de ZASLAVSKI (1964) portant sur le régime permanent de l'écoulement en milieu saturé dans le cas de profils hétérogène (modèles pluricouches avec contrastes de perméabilité).

-  $I_1$  : toit de la nappe à  $z_H = 55$  cm de la surface. On note une perte de charge dans le domaine hydrostatique à partir de 80 cm de profondeur, soit 20 cm environ sous le niveau d'apparition du matériau d'altération (horizon 6). Cela indique une diminution importante de  $K_S$  à ce niveau. Entre 120 et 150 cm de profondeur, cette perte de charge est de gradient unitaire (milieu localement homogène). Le flux de drainage vertical est alors numériquement égal à la conductivité hydraulique à saturation  $K_S$  (équation (6) et contrôle l'écoulement vertical de la nappe (rôle limitant des zones de plus faible conductivité).  $K_S$  étant très faible (figure 5), le flux vertical est également très faible (matériau plancher de la nappe).

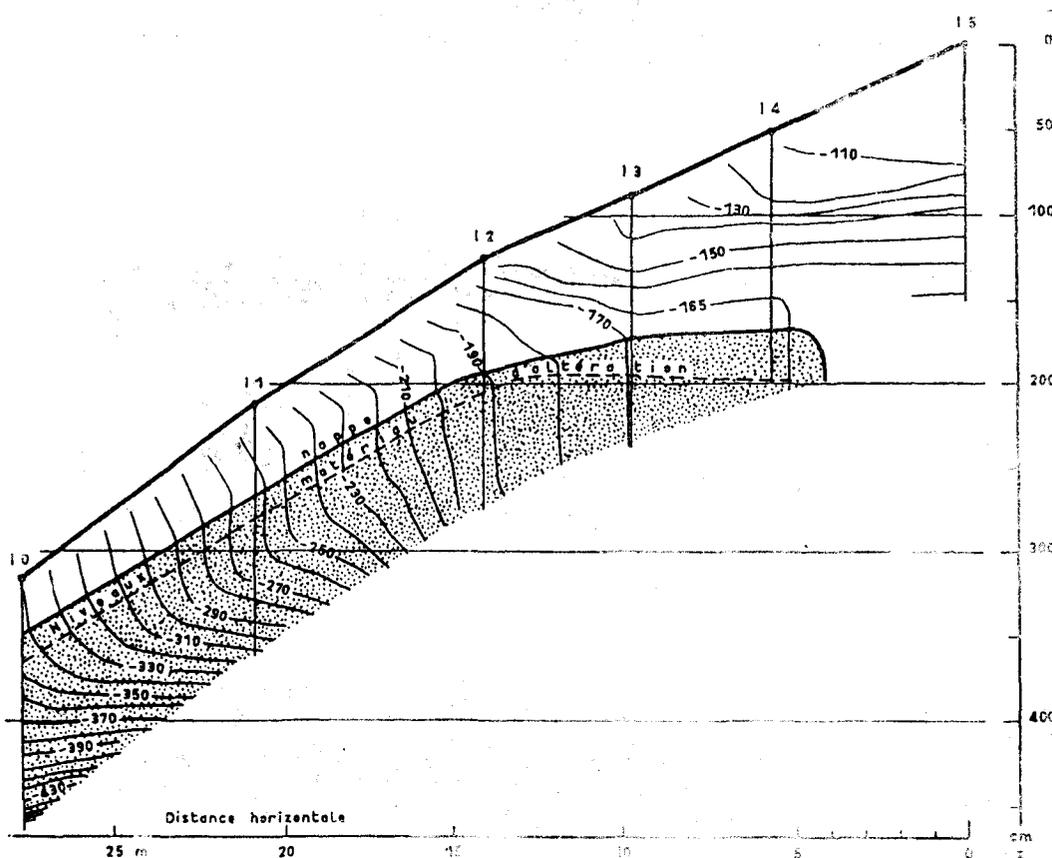
-  $I_0$  = jusqu'à 100 cm de profondeur, situation qualitativement identique à la tranche 0 - 150 cm de  $I_1$ . L'augmentation du gradient de  $\psi_t$  se poursuivant au-delà de 100 cm de profondeur et le retour dans le domaine  $\psi_t < 0$  à 140 cm indique une réaugmentation de  $K_S$  légèrement sous le niveau 150 cm.

Il est également intéressant d'adopter une altitude de référence ( $\psi_g = 0$ ) commune pour l'ensemble des sites (la surface du sol en  $I_5$  ici). Cela permet une approche bidimensionnelle du système suivant un axe vertical et l'axe du transect d'étude. Ce dernier suivant une ligne de plus forte pente, on peut en effet admettre que l'écoulement qui lui est normal (donc suivant les courbes de niveau) est nul.

La situation du 23 Février par exemple peut alors être décrite par la représentation de la figure 8 (lignes équipotentielles) dont l'interprétation doit faire appel à 2 remarques préliminaires :

- pour rendre la représentation possible, l'échelle verticale a été exagérée 5 fois par rapport à l'échelle horizontale, les gradients horizontaux sont donc exagérés 5 fois par rapport aux gradients verticaux.

- sous l'hypothèse d'isotropie du milieu, le lecteur pourra imaginer les lignes de courant normales aux équipotentiels et dans le sens des potentiels décroissants (5).



$\Psi_g$  est annulé à la surface du sol en  $I_5$

zone pointillée : domaine hydrostatique ( $\Psi_m > 0$ ).

Ailleurs : domaine matriciel ( $\Psi_m < 0$ ).

Figure 8 : Champ du potentiel hydrique total ( $\Psi_t$ ). Situation d'extension maximale de la nappe perchée (23 février 1981).

On notera la très bonne coïncidence entre la variation spatiale du toit de la nappe et celle de la profondeur d'apparition du matériau d'altération et, ce qui est équivalent entre le gradient latéral de  $\Psi_t$  dans la nappe au voisinage de son sommet et la pente du matériau d'altération. Cela confirme le rôle de matériau plancher de la nappe joué par l'horizon 6. L'écoulement saturé est essentiellement latéral suivant la pente du matériau plancher, la zone de fort gradient vertical de  $\Psi_t$  en milieu saturé apparaissant en aval de  $I_2$  se situe en effet dans la zone de très faible conductivité hydraulique de l'horizon 6 (Figure 6).

En  $I_5$ , l'écoulement est resté en permanence vertical et non saturé.

L'existence d'une nappe et le niveau de son toit ont été déterminés d'après les relevés tensiométriques (Figure 1). Les résultats obtenus de fin Janvier à fin Mai 1981 sont rapportés par la figure 9, en relation avec le régime des précipitations. L'origine des profondeurs est la surface du sol en chacun des sites.

En  $I_5$ , on ne note à aucun moment présence de nappe.

Pour les sites  $I_4$  à  $I_1$ , apparaît pour l'ensemble des relevés caractérisés par l'existence d'une nappe une diminution progressive de la profondeur du toit de la nappe, bien en accord avec la remontée vers la surface du matériau d'altération. Entre  $I_1$  et  $I_0$ , cet ordre n'est pas respecté dans certaines situations de rabattement de la nappe (4 mars, 13 Mai 1981 et 23 Mai 1981). Cela traduit soit un écoulement vertical plus efficace en aval de  $I_0$  (augmentation de la pente), soit un meilleur drainage vertical (cf. analyse du profil 0 de la Figure 7)

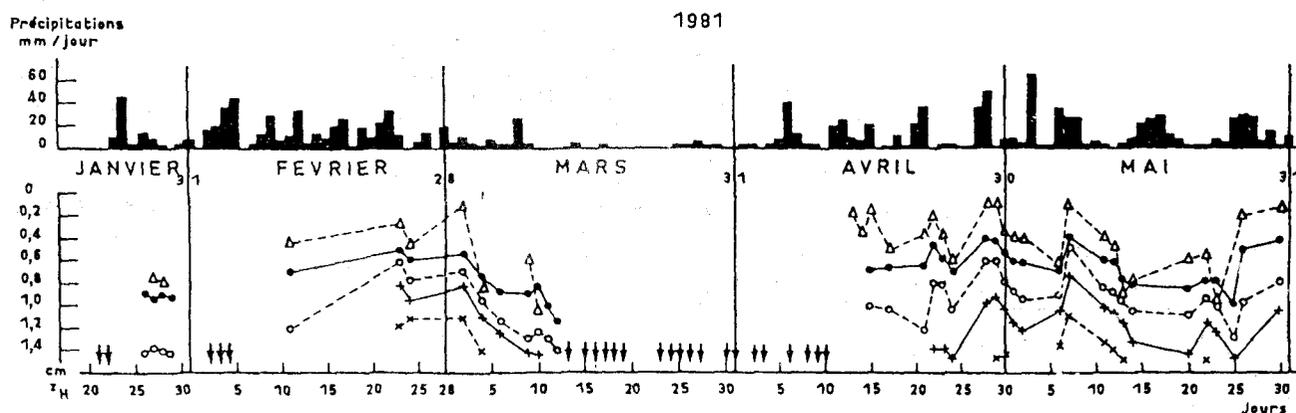


Figure 9 : Fluctuation du niveau de la nappe perchée par rapport à la surface du sol en  $I_0$  ( $\Delta$  --  $\Delta$ ),  $I_1$  (—•—),  $I_2$  (o — o),  $I_3$  (+ --- +) et  $I_4$  (x --- x) en relation avec le régime pluviométriques. Les flèches indiquent les dates de mesures tensiométriques effectuées en l'absence de nappe.

De façon générale, lors des épisodes peu pluvieux, on note un rabattement rapide de la nappe traduisant un drainage latéral efficace et une disparition rapide de la nappe dès le début de la petite saison sèche sans possibilité significative de contribution au bilan hydrique de la période ultérieure caractérisée par un déficit hydrique climatique (tableau 1)

### 3.3. Evolution des profils hydriques lors des saisons sèches

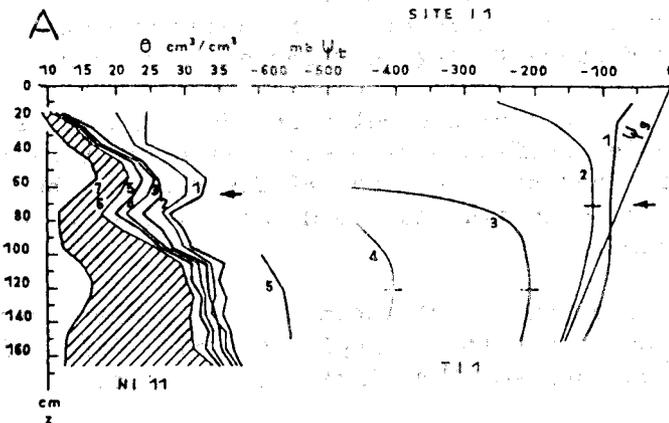
Nous nous limiterons ici à l'examen de quelques profils particuliers de  $\theta$  et de  $\Psi_t$  dans la partie aval (figure 10 A) et amont (figure 10 B et 10 C) du transect d'étude.

- profil 1 et 2, 6 et 15 Mars 1981 : début de la petite saison sèche de 1981. Au 6 Mars, on note encore présence de la nappe en profondeur en  $I_1$  et  $I_2$ .
- profil 3, 30 Mars 1981 : fin de la petite saison sèche.
- profils 4 et 5, 23 et 30 Septembre 1981 : profils obtenus au coeur de la grande saison sèche de 1980, durant l'ensemble du mois de Septembre les précipitations journalières ne dépassent pas quelques millimètres.
- profil 6, 5 Novembre 1980 : profil caractérisant la fin de la grande saison sèche. C'est le profil le plus "sec" malgré l'occurrence de pluies orageuses importantes au cours du mois d'Octobre (50 mm le 19 Octobre).

Le profil 7 du sol correspond à l'humidité volumique au pF 4,2 paramètre classiquement considéré comme la borne inférieure de la réserve hydrique utile du sol.

En raison de l'hétérogénéité de la forêt, une comparaison inter-site ne saurait être entreprise de façon rigoureuse pour ce qui concerne l'influence du matériau-sol. Ainsi, par rapport aux autres sites, l'environnement de I<sub>5</sub> se caractérise par la présence d'arbres de faibles dimensions dont le feuillage est abrité de la pleine lumière. La demande évapotranspiratoire locale y est probablement moins forte qu'aux autres sites.

Deux types bien tranchés d'évolution des profils d'humidité apparaissent sur la figure 10 pour la petite saison sèche de Mars 1981 (profils 1 à 3).



- I<sub>1</sub> et I<sub>5</sub> : les variations d'humidité affectent l'ensemble de la partie prospectée du profil, mais décroissent avec la profondeur. Cette décroissance est très nette dès 80 cm en I<sub>11</sub> et est très progressive en I<sub>5</sub>.

- I<sub>4</sub> : le décalage en profondeur des profils est très important et s'observe (passage de 1 à 2), alors même que la partie profonde du profil reste en régime de drainage (profil de  $\psi_t$ ). Cela traduit très probablement un flux de drainage vertical important lié à la présence de l'horizon 5 sableux à forte macroporosité (Figure 4) et de K<sub>s</sub> élevé (figure 5)

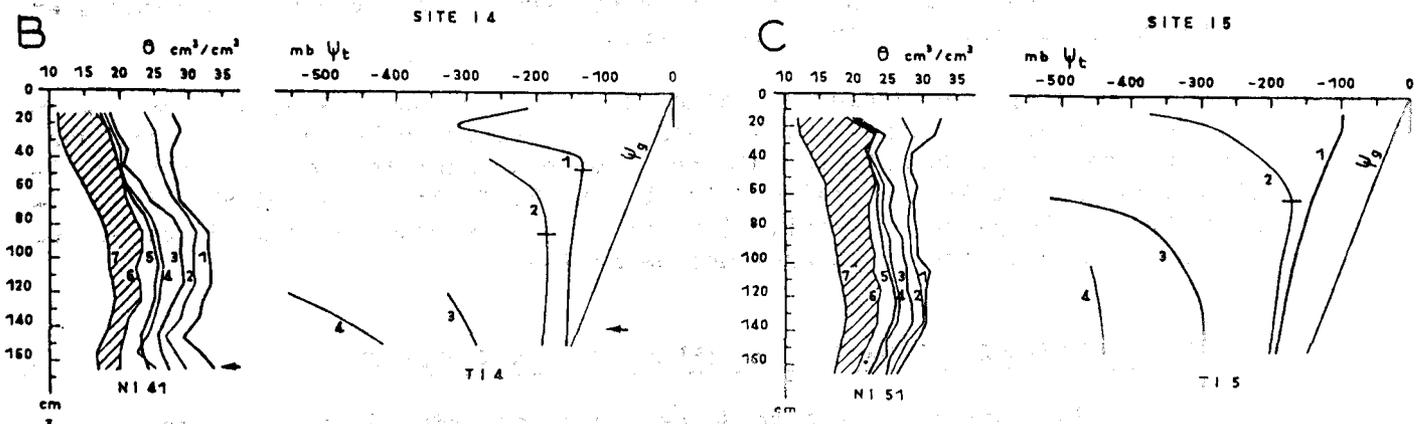


Figure 10 A, B et C : Evolution des profils du potentiel hydrique total ( $\psi_t$ ) et d'humidité volumique ( $\theta$ ) au cours de la petite saison sèche de 1981 et de la grande saison sèche de 1980. Les flèches indiquent le niveau d'apparition du matériau d'altération de la pegmatite.

Par rapport aux profils 3 (situation la plus "sèche" du petit été de Mars) des figures 10 A, B et C, les profils 4,5 et 6 relatifs à la grande saison sèche de 1980 montrent des variations d'humidité affectant essentiellement les profondeurs supérieures à 50 cm.

Au-dessus de cette profondeur, on note une diminution très importante des variations d'humidité traduisant un freinage des possibilités d'extraction racinaire, bien que l'humidité du sol soit encore nettement supérieure (exception faite du site I<sub>11</sub>) à celle caractérisant le pF 4.2.

Les variations importantes d'humidité affectant jusqu'à la profondeur 165 cm les sites I<sub>5</sub> et I<sub>4</sub> indiquent une exploitation des réserves hydriques dépassant largement cette profondeur.

En I<sub>11</sub>, comparativement à ces derniers sites, les variations d'humidité entre les profils 3 et 6 sont nettement plus faibles au-delà de 90 cm de profondeur pour I<sub>11</sub>, malgré des valeurs absolues d'humidité plus élevées. Le plan de flux nul ne dépasse ici la cote 150 cm qu'à partir du 30 Septembre.

Ces observations d'extraction racinaire profonde peuvent surprendre dans le cas d'une forêt tropicale humide à laquelle on attribue généralement un fonctionnement racinaire superficiel.

Toutefois, les profils d'enracinement établis en Guyane par HUMBEL (1978) montrent qu'en zone de drainage vertical libre on trouve, malgré une forte concentration superficielle, encore près de 5 % (en poids de matière sèche) de racines, surtout fines, uniformément réparties entre 1 et 2 m de profondeur (mesures non poursuivies au-delà de 2 m). Dans la zone étudiée, nous avons pu observer de notre côté la présence de racines bien au-delà de 2 m de profondeur. Nos résultats montrent donc que ces racines profondes, en dépit de leur faible densité, jouent un rôle important dans l'alimentation hydrique des arbres, tout au moins durant la grande saison sèche.

Il importe par ailleurs de remarquer que les mesures massiques de densité racinaire privilégient beaucoup trop les horizons superficiels où se trouvent de grosses racines. Sur le plan hydrique, mieux vaudrait s'intéresser aux longueurs de racines par unité de volume de sol.

En I<sub>1</sub>, les variations d'humidité en profondeur sont nettement plus faibles que pour les autres sites, cela est à relier en I<sub>11</sub> à la présence dès 80 cm de profondeur du matériau d'altération réduisant les possibilités de développement du système racinaire (HUMBEL, 1978). Toutefois, la diminution continue dans le temps de l'humidité (figure 10 A) observée jusqu'à 165 cm de profondeur atteste encore de la présence de racines.

#### 4. PERSPECTIVES D'ESTIMATION DES TERMES DU BILAN HYDRIQUE

Pour une période considérée, le bilan hydrique d'un volume de sol intéressant une épaisseur Z de sol supérieure au domaine de prospection racinaire\* peut s'écrire :

$$AS + ETR - P_1 + D_v + DL + R = 0 \quad (8) \quad \dots/..$$

---

\* Cette condition n'ayant pas été établie pour nos mesures, il ne saurait être question ici d'établir un tel bilan, sauf pour les périodes pluvieuses pour lesquelles il est permis de penser que l'extraction racinaire est essentiellement superficielle.

Avec  $\Delta S$  : variation du stock d'eau dans le volume considéré

- ETR : Evapotranspiration réelle du couvert forestier, y compris l'interception par le couvert.
- $P_i$  : Précipitations incidentes au-dessus du couvert
- DV : Bilan des flux verticaux à la cote Z (drainage ou remontées capillaires).
- DL : Bilan des flux latéraux
- R : Bilan du ruissellement.

Seul le terme  $P_i$  est en général facilement accessible.  $\Delta S$  peut être évalué à l'aide de la méthode neutronique.

Les cas des zones à dynamique de l'eau verticale et des zones à dynamique de l'eau latérale sont à distinguer.

- zones à dynamique de l'eau verticale

Le terme DL peut être considéré comme nul ainsi que le terme R, sauf dans les situations de pente importante (SARRAILH, 1981) et éventuellement dans le cas des végétations autre que la forêt. Dans ces cas, R devra être évalué.

Le terme DV peut être dans l'hypothèse d'un étalonnage préalable du sol (établissement de la relation  $K(\Psi_m)$ ). En  $I_5$ , l'utilisation de la relation mise en évidence par la figure 6 permet ainsi de calculer DV (figure 11) par application de la loi de DARCY (équation (2)).

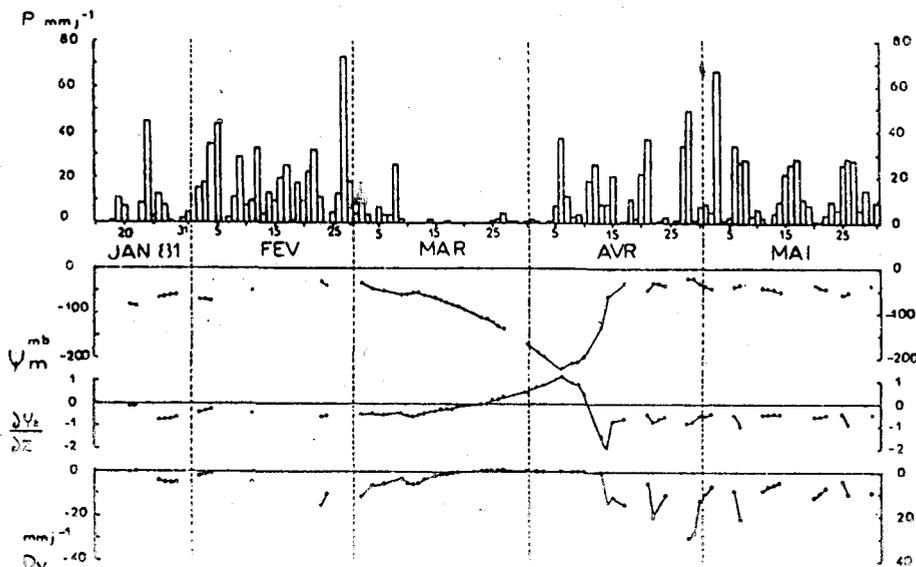


Figure 11 : Evolution de la densité du flux de drainage vertical en  $I_5$  à la cote - 135 cm.

Rappelons qu'à cette cote de contrôle, il y a encore extraction racinaire durant le petit été de Mars, il y a donc diminution importante de  $\Psi_m$  (figure 10 C) et de  $K(\Psi_m)$  (figure 6) expliquant la faible valeur des remontées capillaires à cette période. Des remontées capillaires plus importantes auraient certainement été mises en évidence à la limite inférieure du domaine de prospection racinaire.

Durant les saisons de pluies, les variations de DV sont corrélatées en relation avec les variations pluviométriques. L'établissement de bilans à l'échelle décadaire ou mensuelle supposerait donc un suivi tensiométrique au moins quotidien.

#### - Zones à dynamique de l'eau latérale

Le terme DV peut ici être déterminé d'une façon analogue au cas précédent.

- Lors des périodes de déficit hydrique après disparition de la nappe perchée, la dynamique de l'eau devient rapidement verticale ou normale à la surface du sol, DL devenant nul.
- Lors des périodes d'excès d'eau, il faudra également évaluer DL.

Ce terme étant étroitement lié à la configuration interne du matériau plancher (figure 9) des systèmes particuliers de délimitation spatiale favorable pourront être recherchés supposant une connaissance préalable de la structure pédologique. Ainsi, dans le cas de notre site expérimental, pourrait-on définir comme limite amont d'un système à étudier le site I<sub>4</sub> au niveau duquel les flux hydriques latéraux peuvent être considérés comme négligeables (figure 8), il suffirait alors de contrôler les flux sortants à la limite aval du système (dispositif de recueil des eaux de circulation latérale, détermination de la transmissivité latérale de la nappe).

## CONCLUSION

Au plan de la démarche utilisée, on soulignera l'intérêt qu'il y a à déterminer les sites de mesure en fonction de l'organisation morphologique de la couverture pédologique étudiée et préalablement connue de façon détaillée. Ceci permet d'une part de référer les mesures à cette organisation, d'établir la relation entre ce que l'on pourrait appeler "l'anatomie" et la "physiologie" de la couverture pédologique, de faciliter la compréhension des mécanismes mis en oeuvre, et d'autre part d'extrapoler les comportements ainsi précisés à l'ensemble des sites morphologiquement identiques.

En situation d'excès d'eau, le fonctionnement hydrodynamique du système étudié s'accorde bien avec les résultats de l'étude des caractéristiques du matériau et constitue une confirmation expérimentale de la distinction entre sols à drainage vertical libre et sol à drainage vertical fortement ralenti.

Concernant la détermination précise des termes du bilan hydrique, cette étude aura surtout été l'occasion d'une mise au point méthodologique adaptée au milieu forestier guyanais. Toutefois, certains traits originaux du fonctionnement hydrique du système étudié ont pu être dégagés. Ainsi, lors des périodes de déficit hydrique, l'exploitation des réserves hydriques du sol est profonde et semble liée à des possibilités d'extraction racinaire profonde.

L'importance des différences observées dans le fonctionnement hydrique in situ des deux types de sol étudiés et des répercussions en termes de conditions de la production végétale liées à ces différences (conditions pédoclimatiques, disponibilités en eau, entraînement des éléments chimiques et notamment des fertilisants...) justifierait pleinement la poursuite des recherches entreprises dans le but d'une détermination précise des termes du bilan hydrique. Ces recherches devraient être menées à la fois en situation de forêt primaire et pour les différents scénarios de mise en valeur du milieu après déforestation (étude des interactions type de sol - type d'aménagement).

## NOTE

Les figures 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, ainsi que le tableau 1 sont tirés d'un article à paraître :

GUEHL J. M., 1984 - Dynamique de l'eau dans le sol en forêt tropicale humide guyanaise. Influence de la couverture pédologique. Ann. Sci. Forest., 41 (1).

## B I B L I O G R A P H I E

- BOULET R., 1978 - Existence de systèmes à forte différenciation latérale et milieu ferrallitique guyanais : un nouvel exemple de couvertures pédologiques en déséquilibre.  
Science du sol, Bulletin de l'A.F.E.S., 2, 75-82.
- BOULET R., 1981 - Etude pédologique des bassins versants ECEREX. Bilan de la cartographie.  
Bulletin de liaison ECEREX n° 4, ORSTOM Cayenne, 4-22.
- BOULET R., BRUGIERE J.-M., HUMBEL F.-X., 1979 - Relations entre organisation des sols et dynamique de l'eau en Guyane française septentrionale : conséquences agronomiques d'une évolution déterminée par un déséquilibre d'origine principalement tectonique.  
Science du sol. Bulletin de l'A.F.E.S., 1, 3-18.
- COUCHAT P., 1977 - Aspects méthodologiques et technologiques de la mesure neutronique de l'humidité des sols.  
Ann. Agron., 1977, 28 (5), 477-488.
- DAUDET F.-A., VACHAUD G., 1977 - La mesure neutronique du stock d'eau du sol et de ses variations. Application à la détermination du bilan hydrique.  
Ann. Agron., 28 (5), 503-519.
- FOUGEROUZE J., 1966 - Quelques problèmes de Bioclimatologie en Guyane française.  
L'Agronomie tropicale, 3, 291-345.
- FRITSCH J.-M., 1981 - Ecoulement et érosion sur les bassins versants ECEREX en 1979.  
Bulletin de liaison ECEREX n° 4, ORSTOM Cayenne, 23-44.
- HILLEL D., KRENTOS D., STYLANOU Y., 1972 - Procedure and test of an internal drainage method for measuring soil hydraulic characteristics in situ.  
Soil Sci., 114 (5), 395-400.
- HUMBEL F.-X., 1978 - Caractérisation par des méthodes physiques, hydriques et d'enracinement, de sols de Guyane française à dynamique de l'eau superficielle.  
Science du sol. Bulletin de l'A.F.E.S., 2, 83-93.
- ROCHE M.-A., 1978 - Les bassins versants expérimentaux ECEREX en Guyane française. Etude comparative des écoulements et de l'érosion sous forêt tropicale humide.  
Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., 15 (4), 305-378.

- SARRAILH J.-M., 1981 - Parcelles élémentaires d'étude du ruissellement et de l'érosion. Analyse des résultats obtenus durant les deux premières campagnes de mesure.  
Bulletin de liaison ECEREX n° 4, ORSTOM, Cayenne, 45-51.
- VALANCOGNE C., FOUERE A., AHO N., 1977 - Contrôle de l'étalonnage basé sur l'étude neutronique d'échantillons de sol.  
Bulletin du G.F.H.N., 1, 61-71.
- ZASLAVSKY D., 1964 : Theory of unsaturated flow into a non-uniform soil profile.  
Soil Sci., 97, 400-410.

-φ--φ--φ--φ--φ-

DISCUSSION :

L'extraction racinaire semble très importante en profondeur. Y a-t-il d'autres exemples sous les tropiques ? En Cote d'Ivoire on a observé une extraction importante à 2 m de profondeur alors que les germinations mouraient en surface. Au Banco, on observe que l'alimentation en eau décroît avec la profondeur mais en cas de sécheresse, la forêt s'adresse aux horizons profonds. L'exemple de nappes au lac Tchad est cité.

M. Wilson CORRES ESPINOZA expose les activités de l'INCRAE en EQUATEUR : l'établissement de la colonisation de l'Amazonie Equatorienne a provoqué une occupation des sols pour le moins désordonnée. Avant de définir les meilleures techniques d'utilisation de ces sols, il a fallu faire une étude écologique de la région et des différents types ethniques.

Les capacités des sols pour les différents colons sont connues mais il faut procéder à de nombreuses études et tester différents modèles.

Sur le plan humain, un certain nombre d'opérations de développement communautaires ont été réalisées. Pour cela, nous avons bénéficié de l'apport d'Instituts agronomiques équatoriens et de la collecte d'informations par l'équipe ORSTOM qui travaille en coopération avec le Ministère de l'Agriculture.

Nous avons aussi entrepris un certain nombre d'études en collaboration avec l'ORSTOM pour déterminer les différents systèmes d'utilisation de la forêt et différents systèmes agro-sylvo-pastoraux et leurs impacts écologiques. L'ensemble de ces études s'inscrit dans une étude pluridisciplinaire y compris les études socio-économiques, les plantes médicinales et l'activité biologique des eux.

Relation entre la structure d'une nappe et l'altération d'une roche ? On observe une relation directe entre la pente de charge de la nappe et la pente interne du matériau d'altération et non pas la pente topographique.

\*\*\*\*\*  
\*\*\*  
\*

DISCUSSION :

Rôle du substratum sur les différents types de drainage ? On a identifié les différents types de drainage, au départ, sur migmatite. On a observé la même chose avec des variantes sur schistes. On peut extrapoler les connaissances actuelles sur d'autres régions, les schistes de l'ORAPU par exemple. Il faut par contre exclure les roches basiques.

Les courbes d'isodifférenciations sont un grand progrès pour comprendre la dynamique de l'eau à très grande échelle - 1 ha - mais il reste le problème de la généralisation à petite échelle pour permettre au développeur de balayer la majeure partie des organisations pédologiques de la région.

On a pu constater que l'on a utilisé une cartographie synthétique, car elle prend en compte les résultats d'une analyse. Elle a permis de dégager des stades d'évolution qui avec très peu d'observations vont permettre de caractériser une partie d'interfluve. Si une approche à petite échelle telle qu'elle a été réalisée pour la cartographie pédologique au 50 000e reste inutilisable pour les développeurs, par contre l'approche à grande échelle a permis de comprendre le système et d'aboutir à la définition de différents stades. Il va falloir ensuite prendre en compte pour la généralisation un facteur intuition basé sur des critères définis au départ comme des critères de paysage.

On constate généralement que la couverture initiale a une pente plus faible que celle à drainage bloqué, ce sont des observations générales qui souffrent d'exceptions.

La morphologie des lits semble montrer des différences. Sur les bassins à drainage latéral, le thalweg est plus enfoncé dans la couverture pédologique et on observe moins de sable dans le lit.

Quels sont les dommages causés au sol par la coupe à blanc ? Actuellement, les résultats concernant l'évolution des sols après défrichement sont incomplets et le relais est passé aux agronomes. Ceux-ci révèlent aux pédologues des paramètres importants pour la plante, mais difficile à estimer à priori. Il doit donc y avoir un aller-retour entre les deux disciplines.

\*\*\*\*\*  
\*\*\*  
\*

COMPORTEMENTS HYDROLOGIQUES COMPARES ET EROSION DE L'ECOSYSTEME  
FORESTIER AMAZONIEN A ECEREX, EN GUYANE\*

-o-

M.-A. ROCHE  
Maître de Recherches principal  
Service Hydrologique O.R.S.T.O.M., Paris

-|==|==|==|==|-

1 - OBJECTIFS ET PRINCIPES DES ETUDES

La Guyane, couverte sur 98% de sa superficie par la forêt tropicale humide, 90 000 km<sup>2</sup>, oriente son développement économique vers l'exploitation de cette ressource naturelle considérable. En effet, dans les années à venir, le développement verra l'exploitation industrielle du bois d'oeuvre amplifiée ainsi qu'une exploitation industrielle intense de la forêt pour la fabrication de cellulose et de méthane. Par ailleurs, il s'impose que de vastes périmètres, destinés à des aménagements sylvicoles, pastoraux et agricoles soient conquis sur la forêt.

Toutefois, l'écosystème forestier guyanais qui se particularise, sous une pluviométrie annuelle de 3 à 4 mètres, par des sols peu perméables sur roches essentiellement cristallines profondément altérées et par des pentes topographiques de 15 à 50%, se prête difficilement aux techniques intensives et modernes d'exploitation.

Il risque de se créer des dégradations catastrophiques car irréversibles du plus important potentiel économique que représentent pour la Guyane la forêt et les sols, s'il n'est pas tenu compte d'impératifs scientifiques impossibles à ignorer pour assurer la pérennité de ces ressources. A ces questions se rattachent directement les modifications subies par la flore et la faune lors de la régénération de la forêt ou de l'implantation d'écosystèmes simplifiés.

Engagé en 1976, le programme de recherches ECEREX (ECoulement ou ECologie, EROsion, EXploitation) doit définir les possibilités de mise en valeur de la forêt, en assurant les objectifs scientifiques et techniques suivants :

- la connaissance de l'écosystèmes primaire ;

---

\* Paru dans Cahiers O.R.S.T.O.M., Série Hydrologie, Vol. XIX, n° 2 - 1982.

- la prévision et la mesure des effets de l'exploitation et de la mise en valeur des terres défrichées sur les facteurs naturels de production : évolution des sols et du bilan hydrologique, réserves génétiques, effets sur les terres dominées, etc. ;
- la définition des techniques permettant l'exploitation continue de la forêt et l'implantation d'écosystèmes simplifiés de types sylvicoles, pastoraux ou agricoles.

Le problème des nuisances, corollaire de tout développement industriel, ayant déjà été posé dans cette région pour un projet d'implantation d'usines de cellulose en bordure d'estuaires guyanais, une étude menée par l'ORSTOM a permis d'évaluer les risques de pollution liés à l'hydrodynamisme de cet écosystème (M.-A. ROCHE, 1977).

Les recherches entreprises à ECEREX présentent un caractère pluridisciplinaire requérant l'intervention de plusieurs Organismes : l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM : Hydrologie, Pédologie, Botanique, Entomologie), Groupement d'Etudes et de Recherches pour le développement de l'Agronomie Tropicale, (GERDAT : CTFT, IRFA), le Muséum (Botanique, Zoologie) et l'Institut National de la Recherche Agronomique (Bioclimatologie). Cette opération constitue un volet d'un programme plus vaste intitulé "Connaissance et amélioration de la productivité de la forêt tropicale humide en Guyane", établi dans le cadre du programme MAB 1 de l'UNESCO et rattaché à l'action concertée "Gestion des ressources naturelles renouvelables" de la Délégation Générale de la Recherche Scientifique et Technique (DGRST).

Les études des différentes disciplines s'articulent autour d'une expérimentation en bassins versants comparatifs, d'une superficie de 1,0 à 1,5 hectares, et de parcelles d'une centaine de mètres carrés, situés dans une zone de micaschistes et de pegmatites fortement altérés ("Schistes de Bonidoro") (Fig. 1).

Différents modes d'aménagement, envisageables dans la zone forestière de Guyane, seront expérimentés à raison d'un par bassin ou parcelle, après une exploitation de type papetier (Fig. 2) :

1. recrû naturel sans brûlis,
2. recrû naturel après brûlis,
3. plantation de pins,
4. plantation d'eucalyptus,
5. plantation d'agrumes,
6. pâturage,
7. pâturage,
8. culture traditionnelle.

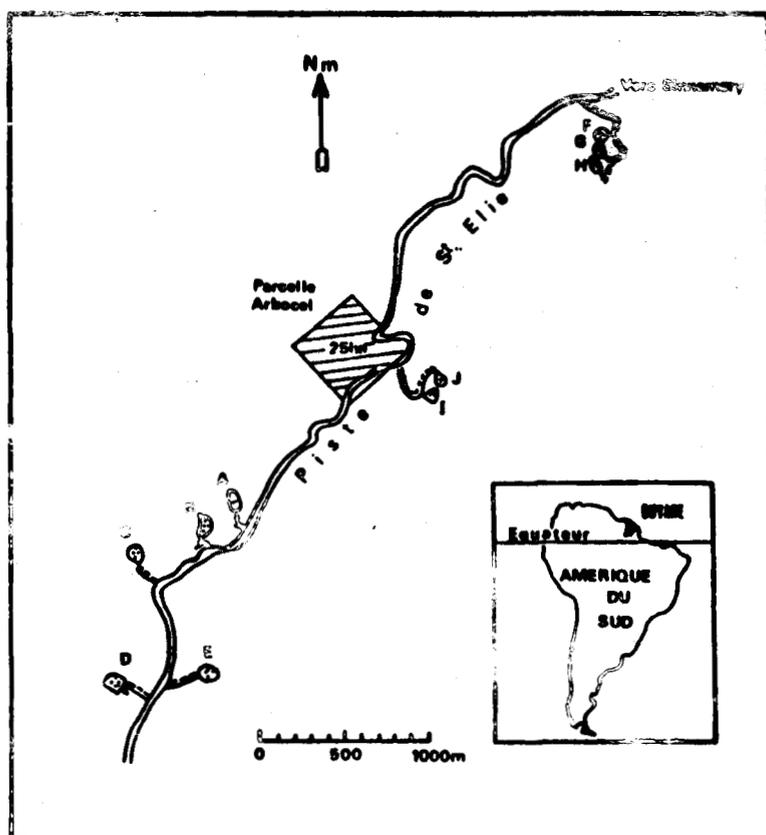


Fig. 6. — Ecérez. Situation des bassins versants expérimentaux

Le programme hydrologique sur les bassins versants expérimentaux ECÉREX s'attache à mesurer les effets que les transformations de l'écosystème primaire pourraient entraîner sur l'équilibre des phénomènes d'écoulement (cycle de l'eau, bilan hydrique) et d'érosion, contribuant ainsi à évaluer les conséquences des différentes possibilités de mise en valeur sur les facteurs naturels de production eau-sol.

Ces recherches comparatives nécessitent une caractérisation préalable des phénomènes dans l'écosystème original, c'est-à-dire sous forêt.

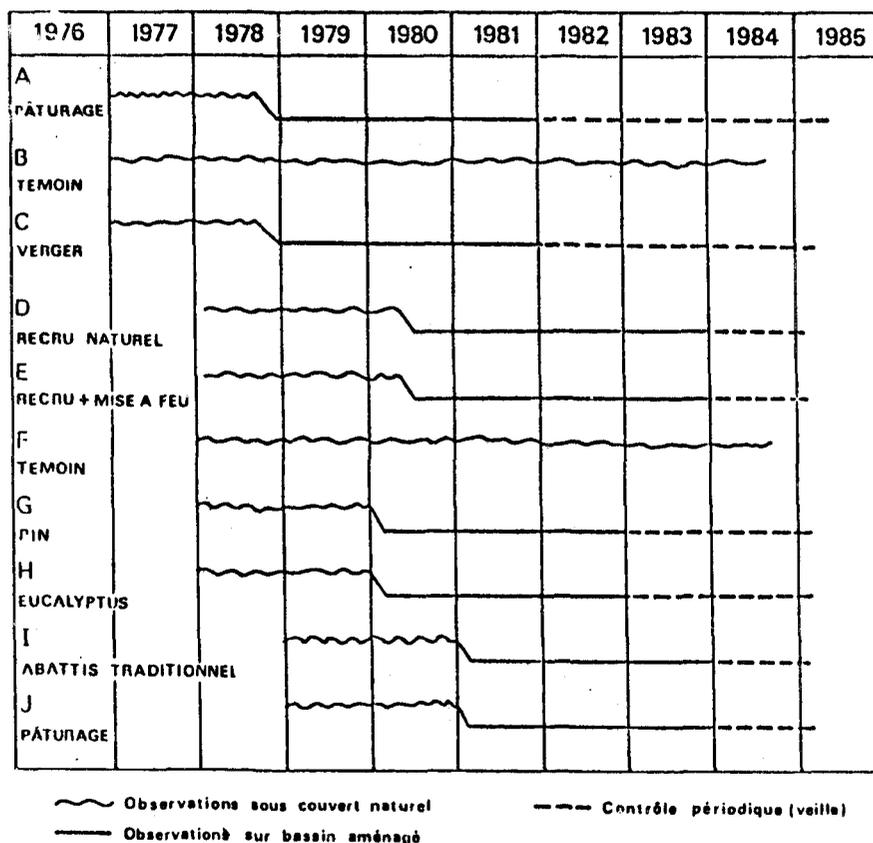


Fig. 2. — Ecérex  
 Projet d'aménagement des bassins versants expérimentaux

## 2 -- DISPOSITIF ET METHODOLOGIE

Dans ces perspectives, un dispositif de dix bassins versants a été équipé (Fig. 1). Les observations sont réalisées sur huit bassins versants expérimentaux (BVE), sous forêt durant une première phase de deux ans, puis, dans un second temps, après déforestation et aménagement (Fig. 2). Deux bassins témoins supplémentaires (BVT) seront conservés sous forêt. Ils fourniront les références pour la reconstitution des événements sous forêt lors de l'expérimentation et permettront de suivre la variabilité pluviométrique interannuelle. Ils pourront éventuellement être l'objet d'expériences vers la fin de l'étude.

Les bassins, de 1,0 à 1,5 ha, présentent une homogénéité de surface. Leurs pentes, avec des valeurs maximales de 17 à 32%, sont représentatives d'environ 9/10 de la superficie des versants de la région. L'ensemble des caractéristiques morphologiques de chaque bassin est présenté dans le tableau 1 en annexe. Il est à souligner que les caractéristiques hydrodynamiques des sols ont présidé au choix des bassins, de façon à assurer la représentativité régionale de ces derniers.

Pour la mesure des précipitations, des lames d'eau écoulées et des quantités de sédiments exportées par charriage, l'équipement comporte sur chaque bassin un poste pluviographique, un déversoir-fosse à lame en V ou à lame H-Flume équipé d'un limnigraphe. Par ailleurs, des prélèvements d'eau sont effectués au cours des crues pour la mesure de teneurs de matières en suspension ou dissoutes tandis que les quantités de sédiments charriés sont mesurées mensuellement dans les fosses.

Parallèlement au dispositif de bassins versants expérimentaux exploités par l'ORSTOM, des mesures d'écoulement et d'érosion sont effectuées par le CTFT sur des parcelles expérimentales. Ainsi, les relations entre le ruissellement et l'érosion pourront être précisées sur les principaux systèmes pédologiques tandis que seront testés, en compléments des expériences menées sur bassins, les effets de techniques particulières d'aménagement.

L'équipement des bassins a été effectué progressivement de 1976 à 1978. Un premier groupe de 3 bassins (A, B, C) a commencé à être observé à compter de Janvier 1977. En Décembre 1978 a débuté la phase d'observation de 10 bassins, tandis que deux d'entre eux (A et C) ont été totalement déforestés pour être aménagés en verger et en pâturage. Les bassins B et F ont été retenus comme témoins.

Basée sur un traitement informatique des données, une méthodologie d'analyse comparative de l'évolution des phénomènes d'écoulement et d'érosion sur les bassins a été mise au point. Le comportement hydrologique et l'érosion de chaque bassin sont caractérisés par les valeurs spécifiques des événements individuels, à l'échelle de l'averse

et de la crue, par le bilan hydrologique mensuel et annuel et par les corrélations établies entre les diverses valeurs précédentes à différentes échelles de temps. Ce sont des corrélations entre les mêmes caractéristiques d'un bassin (pluie - ruissellement par exemple) ou entre les mêmes caractéristiques du bassin en cause et du témoin (cf. M.-A. ROCHE, 1978, 1979).

Ce rapport présente les connaissances acquises sur l'écosystème forestier primaire à ECEREX au cours des deux premières années d'observation. Il s'appuie également sur des éléments de pluviométrie, d'évapotranspiration, et d'écoulements dégagés des études réalisées sur d'autres bassins guyanais depuis 1951. Ces éléments constituent en effet de précieuses références qui permettent la caractérisation spatio-temporelle des résultats spécifiques de la zone étudiée.

### 3 - CARACTERISTIQUES DES PLUIES ET DES ECOULEMENTS

#### 3.1. Les pluies

##### 3.1.1. Les pluies annuelles

La pluviométrie annuelle a été de 3 475 mm en 1977 sur les bassins A, B, C. En 1978, elle a varié, selon les bassins A à H, de 3 110 mm à 3 430 mm (tableau 2, en annexe).

Si l'on compare la pluviométrie du poste B avec celle de Sinnamary, station distante d'une dizaine de kilomètres, on constate, sur la période 1977-1979, qu'il pleut 1,43 fois plus à ECEREX.

Le fort gradient pluviométrique qui existe dans la zone septentrionale de la Guyane (Fig. 3) peut d'ailleurs être mieux circonscrit, en fonction de la distance de ces stations à la mer, par l'examen des valeurs 1977 et 1978 obtenues à Sinnamary, ECEREX et Grégoire.

	Sinnamary	Ecérex				Grégoire 6
		F, G, H	I, J	A, B, C	D, E	
Distance à la mer (km)	6	14	16	17,5	19	43
Pluviométrie 1977 (mm)	2 380	-	-	3 475	-	(3 430)*
1978	2 205	3 440	-	3 330	3 390	(3 270)

\* Les valeurs entre parenthèses sont estimées.

Entre Sinnamary et ECEREX B, le gradient serait d'environ 110 mm/km. Il est encore notable dans la zone d'ECEREX, avec, d'après les résultats disponibles, une valeur de 50 mm/km.

Il semblerait ainsi que l'axe NW-SE du dôme dessiné par les isohyètes passe plus près d'ECEREX A, D que de Grégoire. C'est la première

fois que des mesures réalisées sur un transect perpendiculaire à la côte permettent de préciser à grande échelle l'intensité de ce gradient pluviométrique.

La définition d'une station pluviométrique de référence, observée depuis quelques dizaines d'années dans le cadre du réseau climatologique régional, s'impose pour la caractérisation fréquentielle des pluies à ECEREX.

De prime abord, compte tenu de son rapprochement, Sinnamary semble le mieux convenir. Toutefois, l'écart pluviométrique important constaté entre cette station et ECEREX a conduit à rechercher une meilleure station de référence, dans la zone de fortes précipitations. Ainsi Rochambeau, malgré un éloignement de 95 km, paraît présenter un régime plus semblable à celui qui règne à ECEREX. En effet, il est à noter en ce qui concerne Grégoire que les corrélations entre les totaux annuels sont généralement meilleurs avec Rochambeau qu'avec Sinnamary. S'il est encore trop tôt pour établir de telles corrélations intégrant

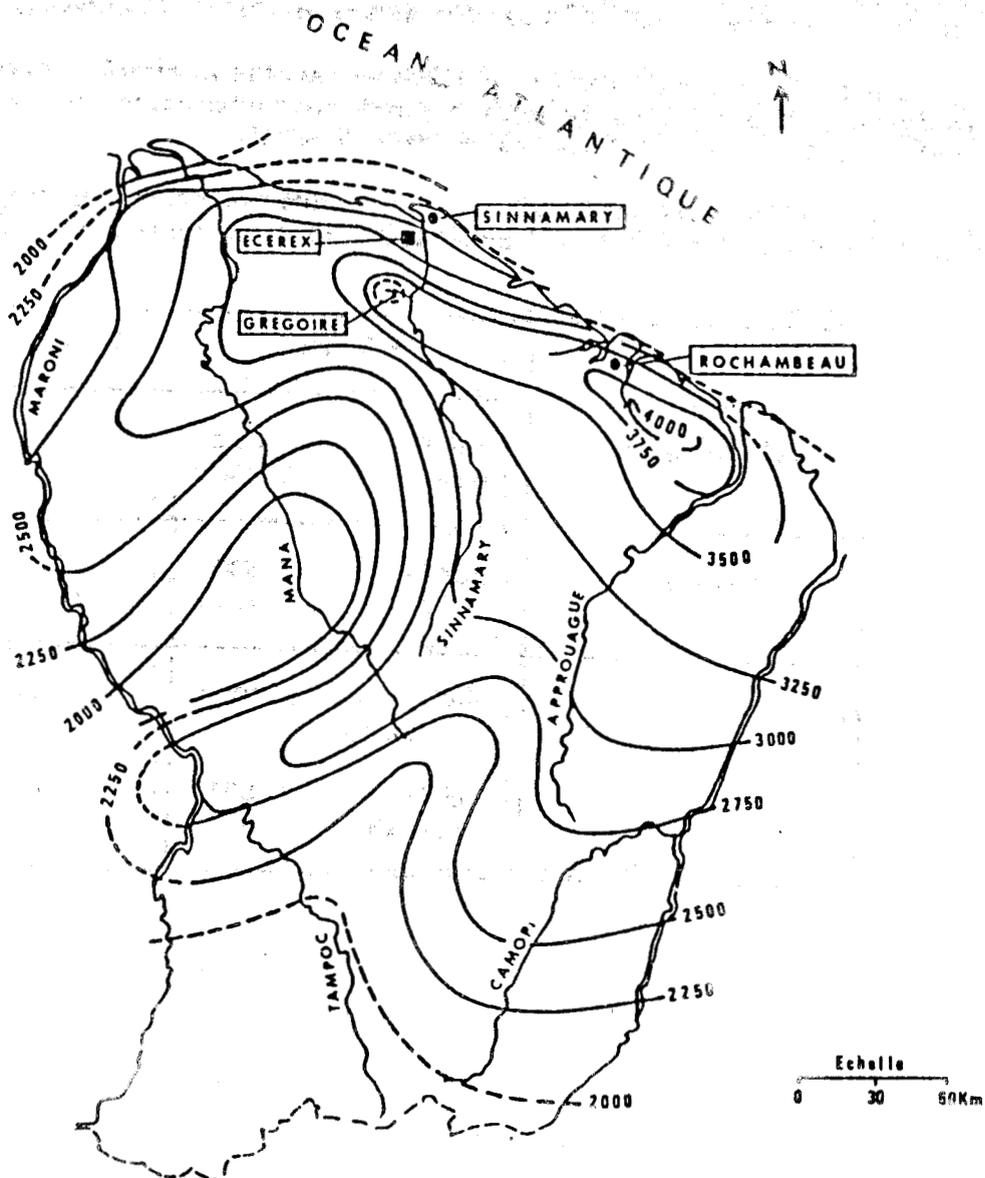


Fig. 3. — Pluviométrie moyenne annuelle (mm) en Guyane durant la période 1956-1976 (d'après Atlas de Guyane). Situation des bassins versants de Grégoire et Ecérex

les données annuelles d'ECEREX, par contre à l'échelle mensuelle, le coefficient de corrélation établi sur 31 mois est meilleur avec Rochambeau (0,92) qu'avec Sinnamary (0,87).

En attendant de disposer de plus longues séries d'observations à ECEREX, il paraît préférable de tenir compte pour référence des résultats de Rochambeau, et de Sinnamary.

La pluviométrie des années 1977 et 1978, d'après la distribution statistique établie par ajustement à la loi de Galton pour la période 1908-1978 (Fig. 4), apparaît médiane à Rochambeau et déficitaire à Sinnamary, avec une période de retour de 4 ans. Ainsi, à ECEREX la pluviométrie de ces deux premières années serait médiane ou légèrement déficitaire, avec une période de retour de 4 ans, selon la station prise pour référence.

Le rapport de la hauteur totale de pluie à ECEREX B et à Sinnamary est de 1,43 sur la période 1977-1979. Il est de 0,93 en prenant en considération la pluviométrie 1908-1978 de Rochambeau. En appliquant ces coefficients aux moyennes pluriannuelles de 1908-1978 de ces deux stations, la pluviométrie moyenne à ECEREX serait comprise entre 3 500 mm et 3 900 mm.

D'après ces valeurs, et celles des stations de référence, la pluviométrie 1977 serait égale à la moyenne ou déficitaire au maximum de 14%. Celle de 1978 serait déficitaire de 6 à 19%.

Le tableau ci-après indique les écarts relatifs de la pluviométrie 1977 et 1978 aux médianes et moyennes des trois stations étudiées.

Station	Référence	1977	1978
Rochambeau	méd. : 3 610	+ 3%	- 3%
	moy. : 3 732	0%	- 6%
Sinnamary	méd. : 2 630	- 10%	- 16%
	moy. : 2 721	- 13%	- 19%
ECEREX B	moy. 3 480 (f. Roch)	- 4%	- 1%
	moy. 2 890 (f. Sin.)	- 14%	- 9%

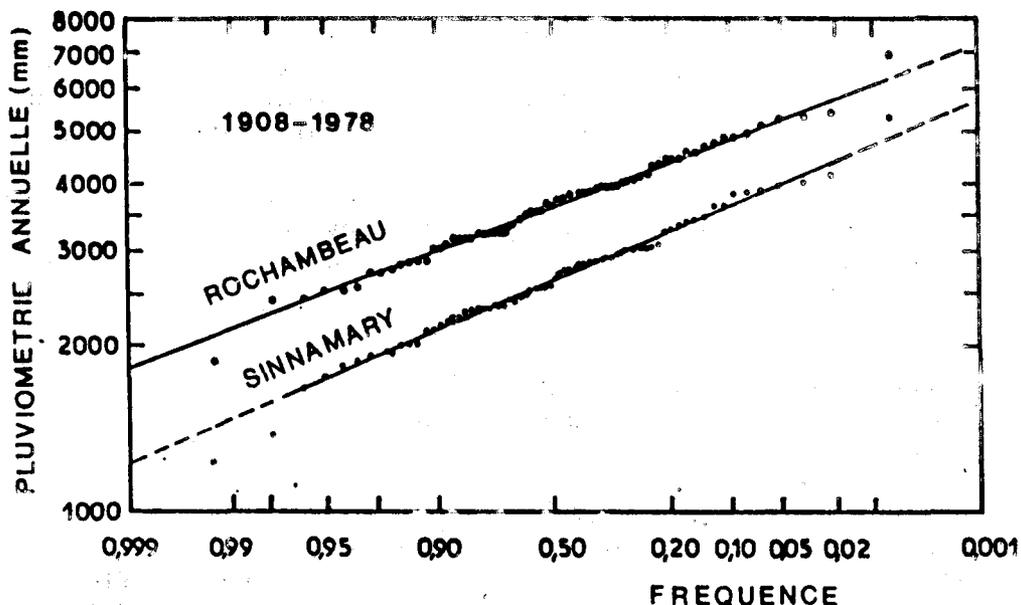


Fig. 4 — Fréquence des pluies annuelles à Rochambeau et à Sinnamary

### 3.1.2. Distribution saisonnière des pluies

Les mouvements de la zone intertropicale de convergence (ZIC) détermine en Guyane, et à ECEREY en particulier, deux saisons :

- La saison des pluies débute vers la mi-novembre, lorsque la zone intertropicale de convergence aborde le pays par le Nord. Elle se termine vers la mi-août avec l'éloignement de la ZIC vers les Antilles. Des précipitations abondantes se produisent, particulièrement en Décembre-Janvier et de mi-avril à Juin, quand la ZIC oscille sur le pays. Par contre, le passage de sa bordure sud engendre en Juillet-Août des averses de caractères orageux. Les mois les plus pluvieux sont généralement Mai et Juin.

Toutefois, les périodes de beau temps, dues à une faible activité de la zone intertropicale de convergence ou à ses oscillations de part et d'autre de la Guyane, apparaissent au cours de cette saison. De telles accalmies sont plus fréquentes de Février à Mars-Avril parce que la ZIC tend à occuper sa position la plus méridionale, proche de l'équateur. C'est alors la petite saison des pluies de la grande saison des pluies.

La grande saison sèche, caractérisée par une faible pluviosité, s'étend de mi-août à mi-novembre. Les précipitations, localisées et souvent orageuses, sont observées fréquemment en fin d'après-midi. Il peut ne pas pleuvoir pendant plus d'un mois.

En se basant notamment sur les pluies mensuelles à Hochambeau et les observations effectuées à ECEREX, il est possible de caractériser la distribution saisonnière des précipitations sur les bassins, au cours de 1977 et 1978.

Pour ces deux années, la petite saison des pluies s'annonce forte avec un mois de Décembre 1976 et 1977 particulièrement pluvieux mais devient par la suite, dès les premiers jours de l'année, nettement déficitaire. La transition avec la petite saison sèche de Février-Mars se produit ainsi insensiblement.

A la fin de Mars, de fortes précipitations correspondent à un passage de la ZIC et au début de la grande saison des pluies que l'on peut considérer comme normale en 1977, mais déficitaire en 1978 jusqu'en Août.

La grande saison sèche ne montre pas d'anomalies majeures. Quant au mois de Décembre 1978, il apparaît relativement pluvieux pour la troisième fois consécutive.

### 3.1.3. Pluviométrie journalière

La fréquence annuelle des pluies journalières classées par tranche de hauteur, telle qu'elle a été observée à la station climatologique (n° 16) de Grégoire, de 1968 à 1976, constitue la meilleure référence disponible pour ECEREX :

Hauteur journalière	0,1-10	10-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100-120	120-140
Fréquence	154	77	41	13	6,3	1,2	0,9	0,3

Il semble qu'en 1977 soit survenu à ECEREX un nombre élevé de fortes pluies journalières puisque trois à six d'entre elles, selon les postes, dépassent 100 mm, alors qu'à la station climatologique de Grégoire de telles précipitations n'ont été observées que onze fois en neuf ans.

En 1978, on note selon les postes de zéro à trois pluies supérieures à 100 mm, nombre plus proche de la moyenne observée à Grégoire.

Il est à noter que ces fortes pluies journalières sont généralement engendrées par des passages accentués de la zone intertropicale de convergence. Elles ne constituent alors qu'une part d'épisodes pluvieux encore plus importants. Ainsi, l'un d'eux, avec une hauteur de 350 mm en 54 heures, présente une récurrence évaluée proche de la décennale.

Le nombre de jours de pluie, de 266 en 1977 et 259 en 1978, au poste B, est proche de la moyenne à Grégoire, qui s'élève à 268.

#### 3.1.4. Averses individuelles

L'étude des écoulements en relation avec les précipitations a conduit d'autre part à individualiser les averses supérieures à 3 mm et séparées les unes des autres par des intensités inférieures à 1 mm/h pendant 1 h 30. Ainsi ont été dénombrées au poste B, 417 averses en 1977, et 355 en 1978. Cette deuxième année apparaît donc sur ce plan encore déficitaire. Entre les bassins C et H, le nombre d'averses en 1978 a varié entre 368 et 338.

Les courbes de fréquences des intensités d'averse en fonction de durées données, établies pour le poste 16 de Grégoire (1968-1976), apparaissent également la meilleure référence disponible pour ECEREX (Fig. 5).

Bien que des hauteurs de pluies journalières de faibles fréquences soient survenues sur les bassins expérimentaux, il s'avère que les intensités 1977 et 1978, avec des valeurs maximales comprises entre 84 et 107 mm/h en 10 mn et une valeur isolée de 147 mm/h en 10 mn, n'ont en revanche pas dépassé la valeur de fréquence annuelle. Elles n'ont pu favoriser ainsi la formation de crues particulièrement érosives.

Il est à noter que les fortes pluies journalières, liées aux passages de la ZIC, ne sont généralement pas caractérisées par des intensités élevées. Celles-ci seraient plutôt associées aux pluies orageuses de la mi-juin à début septembre. C'est donc avec ce type de précipitations que risquent de se produire les écoulements et les érosions les plus intenses.

### 3.2. Les époulements

3.2.1. L'individualisation des événements ruissellement-érosion en crues indépendantes a été réalisée selon deux groupes de 5 bassins A à E et F à J, ayant respectivement pour témoin B et F. Il s'agit d'un groupement géographique qui tend à restreindre au minimum les écarts des caractéristiques des précipitations entre les différents bassins du dispositif comparatif et permet de bénéficier ainsi d'une similitude optimale entre les crues.

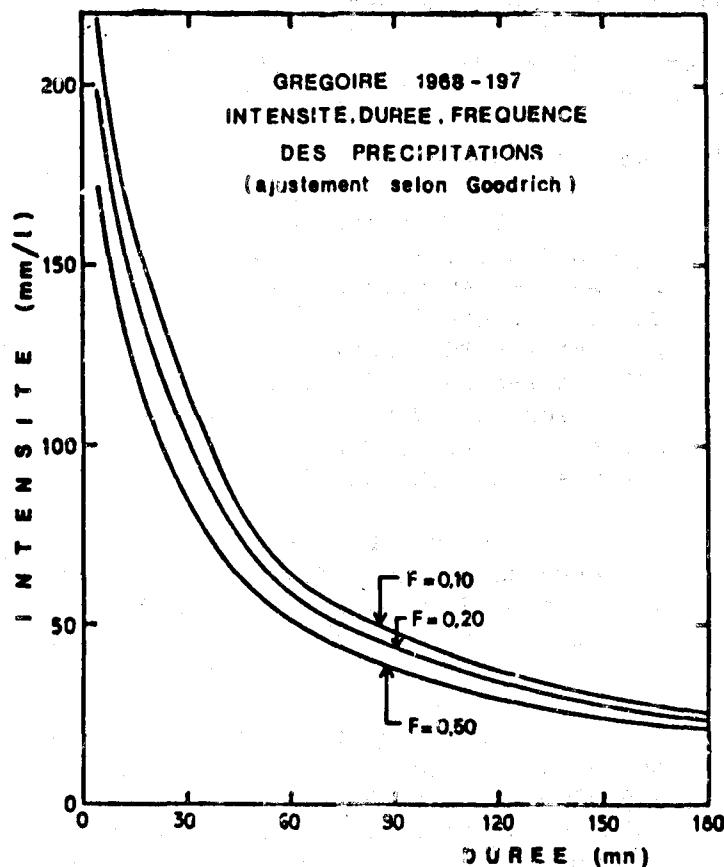


Fig. 5. — Fréquence des intensités des précipitations en fonction de leur durée à Grégoire, durant la période 1968-1976

Les bassins témoins ont été choisis parmi les premiers observés dans chaque groupe pour leurs ruissellements les plus fréquents. Par la suite, ce choix a pu être entériné par l'étude de corrélations établies entre les diverses caractéristiques des bassins.

La numérotation des crues individuelles est la même par groupe géographique de bassins, de façon à faciliter leur comparaison. Dès lors qu'un évènement se produit sur l'un des cinq bassins, un numéro lui est attribué également sur les autres bassins, qu'il y survienne ou non<sup>(1)</sup>.

3.2.2. Le nombre de crues s'élève à 121 sur le groupe A-C en 1977. En 1978, 102 crues sont comptées sur le groupe A-E et 107 sur le groupe F-H.

3.2.3. Les volumes maximums ruisselés au cours de crues individuelles (en m<sup>3</sup>/ha) sont mentionnés ci-après :

A	B	C	D	E	F	G	H
554	490	214	458	306	515	548	645

---

(1) Si l'évènement ne se produit pas sur l'un d'entre eux, la valeur 9 998 est attribuée aux caractéristiques prises en considérations pour ce bassin afin que le traitement par mini-ordinateur puisse tenir compte de l'absence d'évènement. Pour la même raison, les lacunes d'observation sont notées 9 999. Si par ailleurs, il arrive exceptionnellement qu'une des caractéristiques d'une crue soit confondue avec celle de la crue suivante, la valeur ainsi cumulée est affecté à la seconde crue, tandis que le nombre 9 997 est noté comme caractéristique de la première. Enfin une valeur estimée est enregistrée négativement.

Les volumes ruisselés annuellement sont assurés en grande partie par les plus fortes crues, comme l'indiquent les proportions revenant aux 10, 20 et 30 plus fortes crues survenues en 1977-1978 sur les bassins A, B, C :

	A	B	C
10 crues	38%	35%	49%
20 crues	56%	55%	66%
30 crues	66%	66%	71%

3.2.4. Les débits spécifiques d'écoulement maximums observés au cours des crues, présentés (en l/s. ha) dans le tableau ci-après, sont compris entre 82 et 285 l/s. ha.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1 <sup>er</sup> crue	198	143	82	179	108	279	246	285
2 <sup>e</sup> crue	188	126	49	133	81	137	105	159

3.2.5. Les débits spécifiques de ruissellement maximums sont peu différents de ceux-ci, les débits de base étant compris généralement entre 0,1 et 5 l/s.

3.2.6. Les temps de montée sont normalement compris, pour des crues simples, entre 10 mn et une heure, tandis que les temps de base sont généralement de quelques heures, dépassant rarement une dizaine d'heures.

#### 4 - LES PHASES DU CYCLE DE L'EAU ET LEURS CORRELATIONS : COMPORTEMENTS HYDROLOGIQUES COMPARES

##### 4.1. Homogénéité des résultats

Les bilans ont été établis pour chaque bassin après qu'une homogénéisation des données ait été effectuée sur la base des corrélations entre diverses caractéristiques pluviométriques du bassin, ou entre les mêmes caractéristiques du bassin en cause et du témoin. Certaines de ces corrélations seront également étudiées pour ce qu'elles peuvent apporter en complément aux bilans dans la connaissance des comportements hydrologiques des bassins.

Les valeurs des principaux termes du bilan 1977 et 1978, mesurées sur les différents bassins sous forêt, sont présentées dans les tableaux II, en annexe.

Pour les bassins A et C, les valeurs d'écoulement du mois de Décembre 1978, durant lequel des crues sont intervenues alors que la déforestation venait d'être réalisée, ont été maintenues. Les corrélations ont en effet montré que ces valeurs étaient analogues à celles qui auraient pu être observées si l'état naturel n'avait été détruit. Cela est vrai pour les premiers écoulements qui se produisent après la disparition totale de la végétation, y compris de ses souches, mais, comme il ressort des observations réalisées en 1979, ne l'est plus par la suite, les valeurs devenant nettement plus élevées. Ce faible accroissement de l'écoulement au début de l'exploitation s'explique par le bouleversement du sol, la création par les engins de billons, plus ou moins parallèles aux courbes de niveau, et de fosses dans le thalweg, qui augmentent, tant qu'ils ne sont pas comblés par des atterrissements de sols, la capacité de rétention du bassin. Cet effet contrebalance ainsi au début la suppression de l'interception de la pluie par la végétation et de la rétention assurée par la litière et le réseau superficiel de racines.

##### 4.2. Définition et mode d'estimation des principales phases du cycle de l'eau sous forêt

Les phases majeures du cycle de l'eau sur un bassin forestier du type ECEREX, telles qu'elles sont schématisées sur les figures 6 et 7, peuvent être formulées par une équation simple du bilan :

$$Pb = He + DE$$

Pb étant la pluie brute sur la forêt mesurée en clairière,  
He l'écoulement superficiel mesuré à l'exutoire,  
DE le déficit d'écoulement constaté, lequel est évalué par différence des deux termes précédents.

Par ailleurs, l'examen de l'hydrogramme permet de distinguer :

$$H_e = H_r + H_b$$

l'écoulement superficiel étant décomposé en ruissellement  $H_r$  et en écoulement retardé et de base  $H_b$ . Cet écoulement, appelé simplement de base par la suite, correspond au ressuyage des sols depuis leur surface jusqu'au tarrissement des horizons pédologiques plus ou moins profonds drainés par le thalweg.

Le déficit d'écoulement est provoqué par l'évapotranspiration ETR et par la vidange  $H_s$  de la nappe qui, tel à ECEREX, se réalise en partie en aval des stations hydrométriques limitant les bassins et échappe donc à l'écoulement de base mesuré. D'autre part, l'équilibre du bilan impliquant un état des réserves souterraines analogue en début et en fin de période, convient-il d'introduire le terme  $+ R$  qui correspond à la variation excédentaire ou déficitaire des réserves des zones saturée et aérée. On peut également associer à ce terme la variation du stock hydrique de la biomasse végétale.

Il vient :

$$DE = ETR + H_s + R$$

Le bilan peut s'écrire ainsi :

$$P_b = H_r + H_b + H_s + R + ETR$$

L'évapotranspiration sera étudiée en premier, dans le paragraphe suivant, en raison de son mode d'évaluation, mais surtout parce qu'elle est provoquée par plusieurs phénomènes très distincts les uns des autres qui interviennent de manière indépendante au niveau des différentes phases du cycle de l'eau. Les variations dans l'espace et le temps des divers écoulements seront ensuite examinées avant une étude comparative plus fine du ruissellement et des écoulements souterrains, en liaison avec les facteurs sols et pentes.

#### 4.3. Evapotranspiration, interception

A l'interception  $IN$  de la pluie brute  $P_b$  par la voûte forestière succèdent une évaporation et une absorption foliaire suivie d'une transpiration hydrique (Fig. 6). La quantité d'eau météorique non interceptée atteint le sol, soit directement ou après égouttement à travers le feuillage,  $P_v$ , soit par écoulement le long des troncs,  $P_t$ . Une partie de cette eau subit une évaporation,  $E_s$ , à partir de la litière ( $E_l$ ) et de la terre ( $E_t$ ).

Par ailleurs, les végétaux prélèvent par leurs racines dans les sols, saturés ou non, la quantité d'eau  $TR$  nécessaire pour compléter leur transpiration hydrique.

L'évapotranspiration réelle ETR, ainsi engendrée par plusieurs processus physiques et biologiques, peut s'écrire :

$$ETR = IN + TR + Es$$

L'évapotranspiration réelle ETR a été mesurée par la méthode du bilan hydrologique sur les grands bassins versants de Guyane et sur les bassins versants représentatifs de Grégoire où, à l'échelle pluri-annuelle (25 et 9 ans), et compte tenu des conditions hydrologiques différentes de celles d'ECEREX, les termes évacuation souterraine  $H_s$  et variation du stock hydrique +  $R$  apparaissent négligeables, permettant ainsi d'assimiler le déficit d'écoulement à l'évapotranspiration réelle (M.-A. ROCHE, 1979). Il ressort que la valeur moyenne annuelle de l'ETR à Grégoire, soit 1 470 mm, peut être attribuée aux bassins ECEREX, compte tenu de la proximité des deux sites et de leur pluviométrie quasi analogue.

En ce qui concerne l'interception IN et les parts respectives de l'évapotranspiration, les mesures effectuées à Grégoire (M.-A. ROCHE, 1979) peuvent également servir de références à ECEREX pour présenter un bilan plus détaillé, notamment pour les phases souterraines du cycle de l'eau.

L'interception IN représente 15% de la pluviométrie annuelle tandis que l'évaporation  $Es$  peut être estimée proche de 70 mm. Arbitrairement, on admet qu'elle se répartit en une évaporation de 50 mm à partir de la litière et de 20 mm à partir du sol. Le complément de l'ETR est assuré par la transpiration TR des végétaux. La pluie  $P_v$  atteignant la litière, à travers la voûte ou directement, représente 85%, tandis que l'écoulement le long des troncs d'arbre est inférieur à 1%.

#### 4.4. Variations spatio-temporelles des termes du bilan

Selon les bassins, en 1978, la pluviométrie annuelle varie entre 3 430 et 3 110 mm, soit 3 270 mm + 5% (Fig. 6 et 7). L'évapotranspiration représente 43 à 47% des pertes, et l'écoulement global de 10 à 44% (tableau 2). Ce dernier se partage entre le ruissellement compris entre 4 et 26%, et un écoulement de base, compris entre 1 et 18%. La part évacuée hors des bassins par les nappes est évaluée entre 9 et 46%. Le déficit d'écoulement varie de 56% à 90%.

Les années 1977 et 1978 ont débuté et se sont terminées dans des conditions pluviométriques et hydrologiques presque analogues qui impliquent une variation très faible du stock d'eau. Les valeurs relatives aux nappes peuvent donc, pour ces deux années, être dégagées du terme +  $R$  sans qu'une erreur importante soit introduite.

Les intervalles de variation de chaque terme du bilan apparaissent donc très larges sur l'ensemble du dispositif de bassins.

Par contre, des résultats obtenus pour chacun des premiers bassins observés au cours des années 1977 et 1978 ressort une faible dispersion interannuelle, sans rapport avec la dispersion spatiale. Ainsi, pour le bassin B par exemple, les écarts à la moyenne des deux années sont les suivants

$$\begin{aligned} \text{Pb} &= 3\,450 \text{ mm} \pm 1,7\%, & \text{Hr} &= 16,3\% \pm 1,2\%, & \text{Hb} &= 6,6\% \pm 1,3\% \\ \text{Hs} (+ \text{R}) &= 35,1\% \pm 1,9\% \end{aligned}$$

Les observations n'ayant porté que sur trois bassins en 1977, les comparaisons entre les bassins A à I peuvent être basées de façon significative uniquement sur les données de l'année 1978 qui ont l'avantage de constituer un ensemble homogène.

La dispersion spatiale traduit donc des conditions de drainage très différentes selon les sites.

Il existe cependant des analogies entre certains bassins. Aussi, pour faciliter les comparaisons, a-t-il été distingué quatre groupes composés d'un, de deux ou trois bassins pour lesquels les écarts entre les différents termes du bilan sont voisins. Il s'agit par ordre de ruissellement croissant, ou de drainage souterrain décroissant, des groupes (1) C, (2) D, E (3) A, B et (4) F, G, H.

La figure 6 illustre pour chacun de ces groupes la distribution détaillée des termes du bilan.

Il convient ainsi de rechercher l'influence respective des facteurs sols et pentes qui déterminent des comportements hydrologiques aussi bien distincts. C'est l'étude du ruissellement, le terme du bilan le plus variable sur le dispositif, qui va permettre un tel examen.

#### 4.5. Ruissellement, systèmes pédologiques de drainage et pentes

##### 4.5.1. Valeurs comparées

Les rapports des coefficients de ruissellement (Hr %), indiqués ci-dessous, varient dans une gamme de 1 à 6, le bassin C qui ruisselle le moins étant pris pour référence :

	A	B	C	D	E	F	G	H
Ruissellement Hr	3,7	3,6	1	3,1	2,3	6,1	5,1	5,5

Les ruissellements spécifiques annuels sont compris entre 45 et 255 l/s. km<sup>2</sup>.

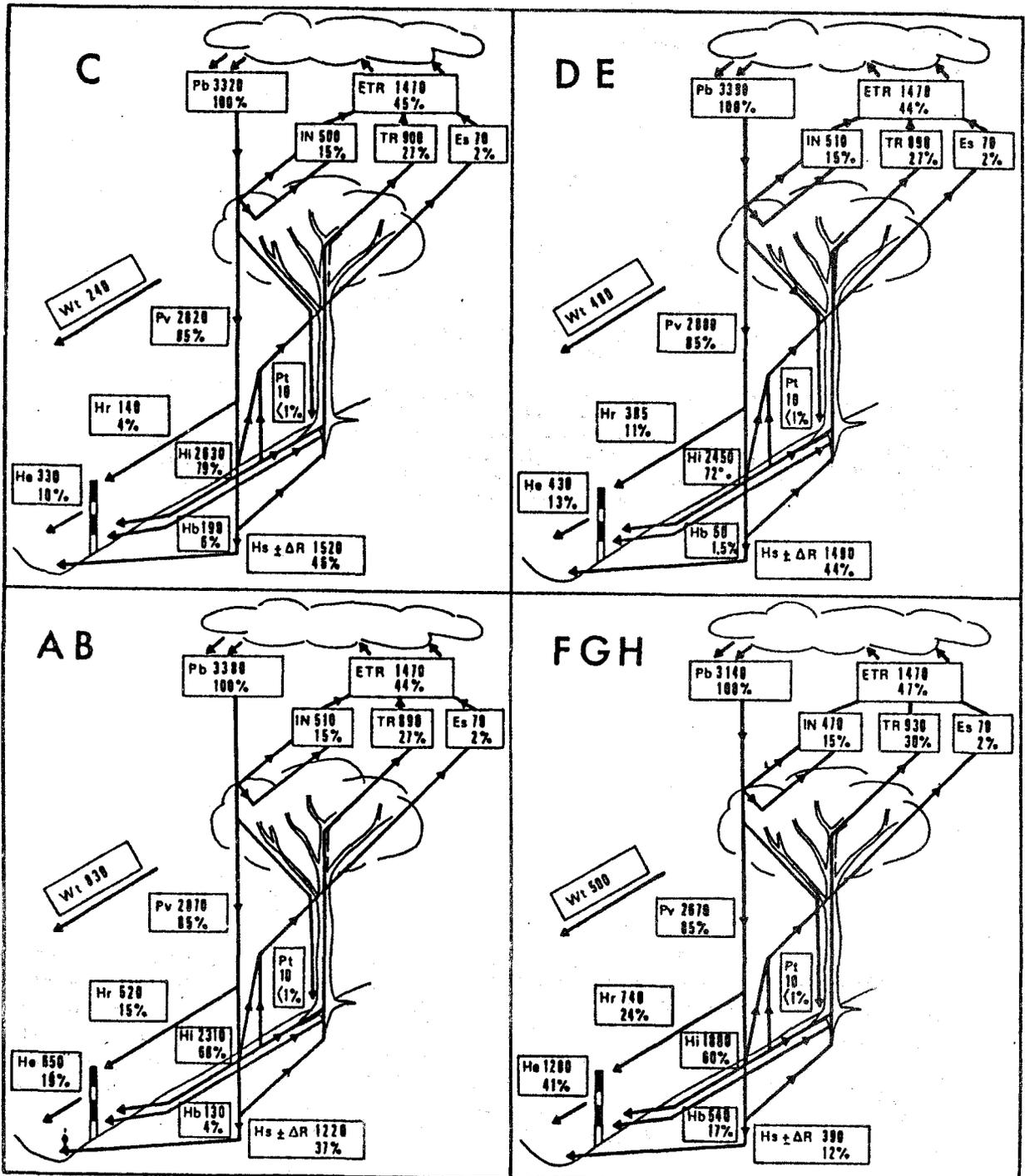


Fig. 6. — Ecérex 1978. Bilan hydrologique des groupes de bassins versants expérimentaux. PB : pluie brute sur la forêt, IN : interception par la voûte forestière, TR : transpiration à partir de l'eau des sols, Es : évaporation des sols, ETR : évapotranspiration, Pv : pluie à travers la voûte, Pt : écoulement le long des troncs, Hr : ruissellement, Hi : écoulement en contact prolongé avec le sol, Hb : écoulement de base, He : écoulement, Hs : pertes souterraines, R : variations des réserves hydriques

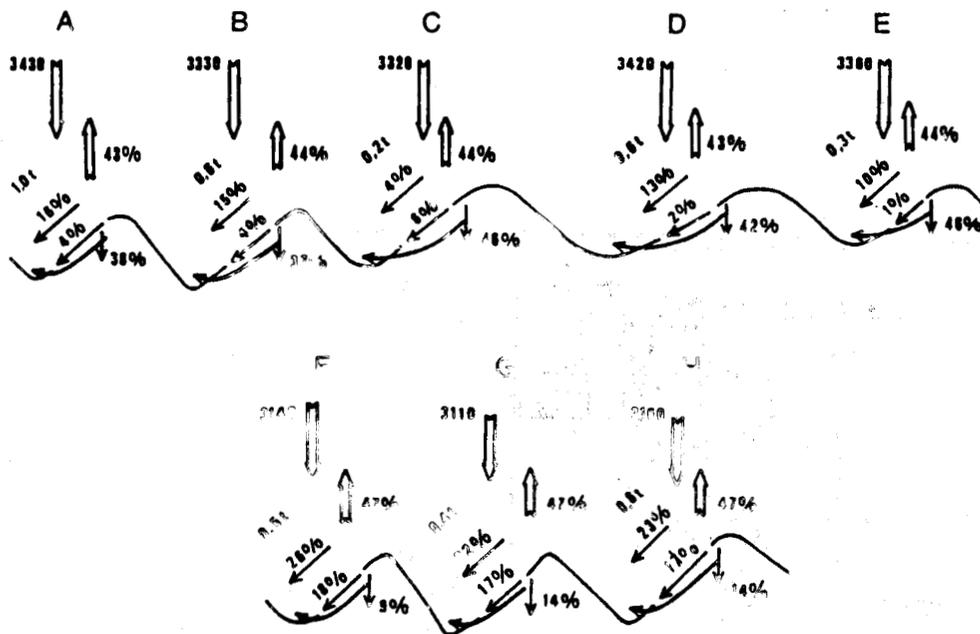


Fig. 7. — Ecérex 1978. Schématisation de la répartition des principales phases du cycle de l'eau dans les bassins versants Ecérex sous forêt tropicale humide.

A titre d'exemple, sur le bassin B, il est tombé 3 380 mm de pluie (Pb) dont 44% ont été évapotranspirés (ETR), 15% ont ruisselé (Hr), 4% ont constitué l'écoulement de base (Hb), quelques heures à quelques jours après la pluie, 37% ont été évacués par les nappes souterraines (Hs). L'érosion mécanique (W) exporte 0,6 t/ha · an de sédiments

La corrélation entre la lame ruisselée à chaque crue et la hauteur de l'averse correspondante (Fig. 8, d'après Fig. 1 A présentée en annexe), établie pour chaque bassin, confirme les résultats du tableau ci-dessus. On remarque que le bassin H ruisselle mieux que le F au cours des averses les plus fortes. Les ruissellements des bassins I et J peuvent être classés par rapport à celui des autres bassins, d'après les observations effectuées fin 1978. Le ruissellement du I se situe en position intermédiaire à ceux des D et E. Celui du J semblerait l'affilier au groupe F - G - H.

Les courbes de corrélation peuvent être chacune assimilées à deux segments de droite différenciés par une rupture de pente correspondant à des hauteurs d'averses comprises entre 20 et 50 mm, mais d'autant plus élevées que le bassin est perméable. Ce point critique marque un seuil de saturation de l'horizon supérieur, au-delà duquel le ruissellement est maximum.

A l'échelle mensuelle, la même corrélation (Fig. 9, d'après Fig. 3 A en annexe) conduit à une interprétation analogue. Il se confirme en outre que durant les mois de pluviométrie moyenne, le ruissellement sur le bassin D et, dans une moindre mesure sur le E, peut être plus intense que sur A et B. Il est vrai que les petites crues sont alors nombreuses sur ces premiers bassins.

Il est aussi intéressant de mentionner la corrélation entre les lames ruisselées mensuellement sur les divers bassins et celle du bassin témoin B (Fig. 10, 4 A et 5 A) qui fait apparaître un classement des valeurs conforme à celui du tableau précédent.

#### 4.5.2. Influence des sols

L'étude des sols de la forêt a été réalisée par A. LEVEQUE (1963) et F. LELONG (1969), puis par R. BOULET, E. FRITSCH, et F.-X. HUMBEL (1978, 1979). Ces récents travaux, effectués notamment à ECEREX, s'attachent à étudier particulièrement l'organisation structurale des sols des bassins d'après des caractéristiques hydrodynamiques diverses. Ils éclairent ainsi d'un jour nouveau la genèse et surtout le comportement des sols vis-à-vis de l'air et de l'eau, constituant une contrepartie efficace des mesures hydrologiques pour la compréhension des phénomènes qui déterminent les phases d'écoulement du cycle de l'eau.

Inclus sous la dénomination de "schistes de Bonidoro", les terrains antécambriens sur lesquels s'étendent les bassins ECEREX sont principalement des micaschistes dans lesquels apparaissent ci et là de larges filons de pegmatites. Une altération intense y a créé une couverture ferrallitique de plusieurs mètres d'épaisseur, constitués en grande partie de kaolinite et de sable.

Sur ces matériaux d'altération issus des micaschistes fins, où dominent les limons, et ceux issus de pegmatites, où sables grossiers et graviers quartzeux abondent, se sont développés indifféremment à ECEREX deux grands ensembles de sols, caractérisés par leur comportement hydrologique (E. FRITSCH, 1979). La circulation des eaux s'y effectue en surface et à l'intérieur selon un mode complexe :

- l'un des ensembles est à drainage vertical libre sur plusieurs mètres ;

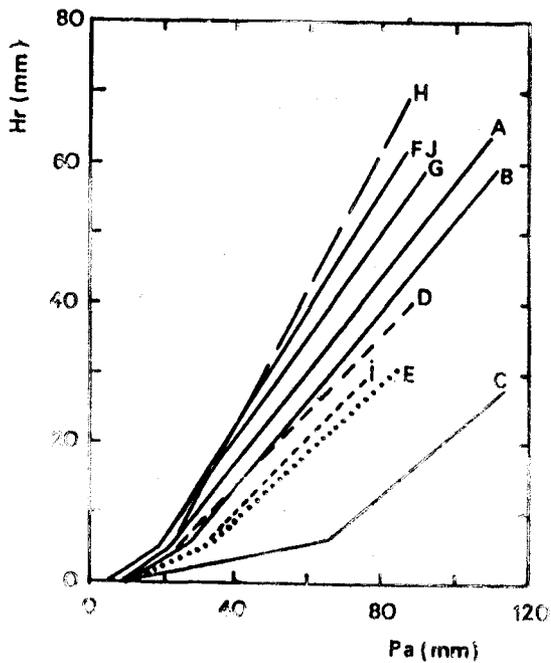


Fig. 8. — Ecérex 1977-1978. Corrélation entre la lame ruisselée à chaque crue et le hauteur de l'averse correspondante. Les courbes définies pour les différents bassins sur la figure 1 A ont été regroupées pour comparaison sur ce même graphique

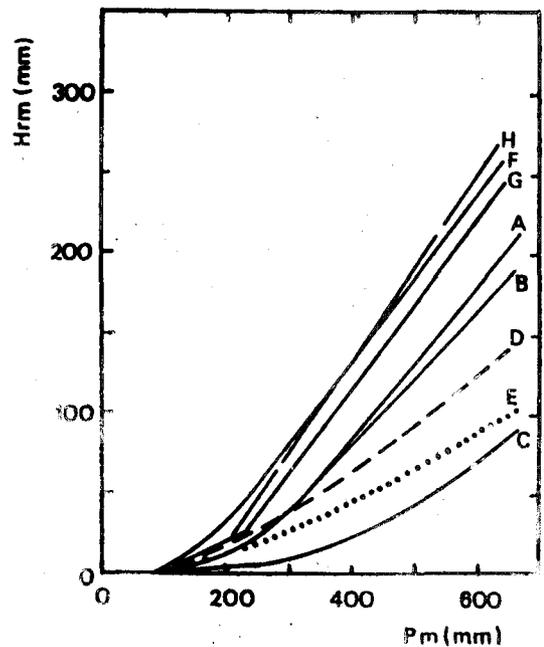


Fig. 9. — Ecérex 1977-1978. Corrélation entre la lame ruisselée mensuelle et la pluviométrie mensuelle sur les différents bassins

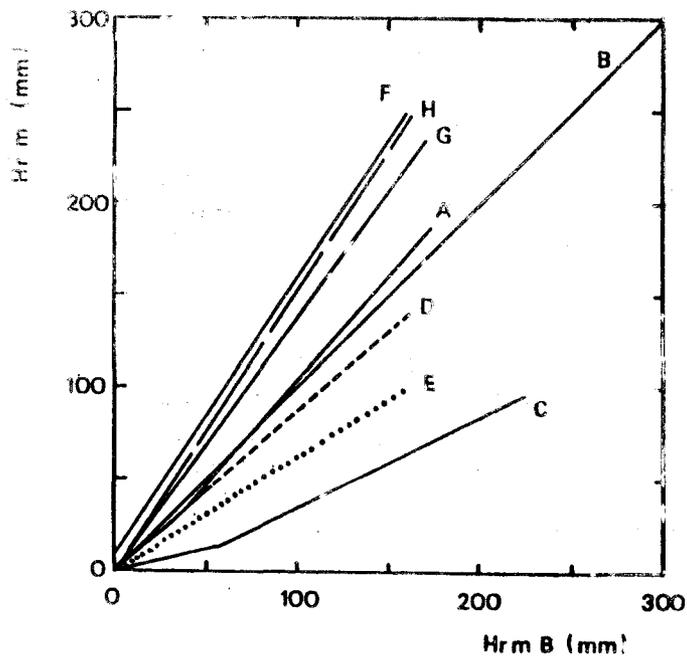


Fig. 10. — Corrélation entre les lames ruisselées mensuelles des divers bassins Ecérex et celle du bassin témoin B (d'après fig. 5 A)

- l'autre à drainage vertical ralenti ou bloqué à quelques décimètres, l'écoulement paraissant s'effectuer essentiellement dans l'horizon supérieur.

Le premier type couvre le bassin C, tandis que le deuxième s'observe sur les bassins A, B, F, G, H (10% du premier type sur B). Les deux types peuvent être observés sur un même bassin : le premier occupe les parties les plus hautes puis se trouve progressivement relayé vers le bas par le deuxième type. C'est le cas des bassins mixtes D, E, I.

a) Le type à drainage vertical libre comporte en surface un horizon dont l'épaisseur peut atteindre 1 m. Il est constitué de micro-agrégats de 0,2 mm de diamètre qui lui donnent un aspect friable. Sa bonne perméabilité en petit est améliorée par la présence de plans verticaux de nodules ferrugineux centimétriques et de blocs de grès grossiers.

Il repose sur un horizon compact argileux caractérisé par une épaisseur d'un à plusieurs mètres, une porosité nettement plus fine, une structure polyédrique en assemblage très serré et par la présence de pores dont le diamètre est de l'ordre du dixième de millimètre.

La perméabilité de cet horizon sous-jacent paraît suffisante pour une infiltration plus profonde des eaux <sup>(1)</sup>. L'ensemble repose sur un matériau d'altération très épais.

b) Le type à drainage latéral comporte en surface un horizon de quelques décimètres d'épaisseur seulement. Il se distingue de l'horizon superficiel du type à drainage libre par une porosité plus fine mais aussi par un développement des boyaux dont le diamètre peut atteindre plusieurs centimètres.

L'horizon inférieur qui ralentit ou bloque l'infiltration, est soit un horizon argileux compact (cas des bassins A, B), de porosité si fine qu'il semble sec au toucher, malgré une teneur élevée en eau, soit un horizon d'altération argilo-limoneux (cas partiel du bassin F) moins compact et de porosité moins fine que le précédent, mais cependant très peu perméable.

Pendant et peu après les averses, vers 5 à 15 cm de profondeur, une nappe perchée s'établit dans l'horizon supérieur. Elle s'accumule peu à peu dans les boyaux anastomosés dans lesquels elle peut s'écouler latéralement par trop-pleins successifs, dès lors que la porosité fine doit être saturée (HUMBEL, 1978).

Ainsi, les comportements hydrologiques apparaissent conformes aux différents systèmes pédologiques de drainage.

---

(1) Cet horizon manifeste en effet, malgré sa faible porosité visible, un comportement perméable lorsqu'il est surmonté d'un horizon à micro-agrégats d'une puissance suffisante, supérieure à 70 cm (BOULET, R. et al., 1979).

Considéré selon les groupes de bassins, le ruissellement croît avec l'accentuation du freinage du drainage vertical. Il a été vu que pour le bassin C, qui représente le type du drainage vertical libre, il n'est que de 4%, contre 24%, soit 6 fois plus, pour le type extrême du drainage vertical ralenti des bassins F, G, H. De même, les bassins A, B, à drainage vertical moins sévèrement ralenti, ruissellent 4 fois plus et ceux dits de type mixte, D, E, 3 fois plus.

#### 4.5.3. Influence des pentes

Si les potentialités de ruissellement concordent bien avec les caractéristiques hydrodynamiques des sols, en revanche les caractéristiques morphologiques (tableau 1, en annexe), notamment les pentes topographiques, n'apparaissent pas un facteur primordial des écarts constatés entre les bassins. Les indices de pente varient de 0,34 à 0,47 selon les bassins, soit dans le rapport 1,4, mais, par exemple, sont analogues pour les C et G entre lesquels le ruissellement augmente dans le rapport 5.

Les pentes maximales des versants varient sur l'ensemble des bassins dans le rapport 2. Il est vrai que les ruissellements les plus intenses ont lieu sur les bassins F et G où les pentes maximales, de 32%, sont les plus fortes du dispositif. Cependant, elles ne sont que de 20% sur le H qui ruisselle tout autant, et de 21% sur le C qui ruisselle 5 à 6 fois moins.

De même, la pente moyenne des thalwegs varie selon les bassins dans le rapport 3, mais le ruissellement ne paraît pas du tout en dépendre : Elle est de 6% sur le F, 19% sur le G à ruissellement élevé, et de 21% sur le C sur lequel le ruissellement est le plus faible.

Il ressort donc que les sols sont l'élément déterminant des ruissellements sur le dispositif, alors que l'influence des pentes topographiques apparaît moins nettement. Par ailleurs, la comparaison des corrélations notamment mais aussi des bilans, montre que les ruissellements sur les bassins s'étalent régulièrement sur toute une gamme de valeurs. Il serait donc vain de s'attacher à une définition de classes de comportements hydrologiques trop cloisonnées et donc de sols, au-delà des nécessités de la clarté des exposés.

---

(2) Semblable à celui qui est situé sous l'horizon à microagrégats du premier ensemble.

4.6. Capacité de rétention des bassins

Grâce notamment aux évaluations des diverses phases de l'ETR, la capacité de rétention globale des sols  $H_i$  peut être évaluée. Elle correspond à l'eau qui, après avoir atteint la litière, échappe au ruissellement et à l'évaporation  $E_l$ , c'est-à-dire la quantité d'eau qui a un rapport plus ou moins profond et prolongé avec le sol.

Une faible partie de  $H_i$  donnant lieu au ressuyage quasi superficiel, il est cependant délicat de l'assimiler d'emblée à l'infiltration depuis la surface.

Elle est évaluée tel que

$$H_i = (P_v + P_t) - (H_r + E_l)$$

La part  $H_i$  donne naissance à l'écoulement de base  $H_b$ , assure la transpiration hydrique  $T_R$  à partir des racines et l'évaporation directe  $E_t$  à partir de la terre ainsi que l'augmentation du stock d'eau souterrain  $R$  et les résurgences des nappes à l'extérieur du bassin. Il peut ainsi s'écrire également

$$H_i = (H_b + H_s + R) + (T_R + E_t)$$

La capacité de rétention globale des bassins,  $H_i$ , varie en sens contraire du ruissellement mais dans un intervalle plus restreint, passant de 79% sur le bassin C à 60% sur les F, G, H.

Comme cela a été fait pour le ruissellement, l'importance relative de la capacité de rétention de chaque bassin ressort des rapports des valeurs ( $H_i$  exprimées en % pour annuler les écarts dus à la pluviométrie), le bassin F, le moins perméable, étant pris pour référence.

	A	B	C	D	E	F	G	H
Capacité de rétention $H_i$	1,2	1,1	1,4	1,2	1,3	1	1,1	1,0

La gamme de variation de 1 à 1,4, paraît donc faible. Les bassins à drainage vertical le plus ralenti, à pentes maximales, possèdent malgré tout une capacité de rétention égale au 3/4 de celle du bassin C où le drainage vertical est le plus libre.

#### 4.7. Écoulement de base

##### 4.7.1. Valeurs comparées

La restitution au thalweg, en amont de la station, c'est-à-dire l'écoulement de base H<sub>b</sub> est très variable. Il est de 6% pour C, 1,5% pour D, E, 4% pour A, B et 17% pour A, B et 17% pour F, G, H, soit dans ce dernier cas 3 fois plus que pour le C. On constate que cet écoulement de base est plus élevé sur F, G, H que sur les autres bassins, alors qu'il s'agit des plus imperméables.

D'autre part, cet écoulement de base est plus faible sur D, E que sur C et A, B alors que les sols sont d'un type intermédiaire à ces deux derniers groupes. Ce terme écoulement de base H<sub>b</sub> correspond à un ensemble de plusieurs phénomènes, depuis le ressuyage superficiel du bassin jusqu'à la vidange d'une épaisseur variable d'horizons pédologiques divers.

Intervient donc ici la notion du complexe aquifère.

##### 4.7.2. Le complexe aquifère

Les horizons pédologiques, répartis sur la masse d'altération, grosso modo à la manière de couches sédimentaires concentriques à la topographie, montrent une différenciation le long des pentes. Ils peuvent se terminer en biseau, laissant vers l'aval le relais à un horizon de caractéristiques différentes, ou perdre leur identité si une nappe les baigne en permanence. Il est à noter la présence en surface d'un horizon hydromorphe dont le développement vers l'amont croît avec l'intensité du blocage du drainage vertical.

Selon leur porosité, leur perméabilité et leur épaisseur, ces horizons superposés accumulent les eaux et les laissent s'infiltrer plus ou moins abondamment en profondeur. On conçoit ainsi que leur dépendance vis-à-vis de l'alimentation par les pluies est d'autant plus marquée qu'ils sont proches de la surface, les horizons inférieurs, généralement plus épais, étant alimentés en fonction des caractéristiques hydrodynamiques des horizons supérieurs. Les horizons inférieurs sont donc capables, quelle que soit leur porosité ou leur perméabilité, de se tarir plus lentement puisqu'ils reçoivent des horizons supérieurs des apports plus réguliers dans le temps. D'après F.-X. HUMBEL (1978), dans le système de sol à drainage latéral, les horizons compacts qui bloquent ou freinent l'infiltration, échapperaient totalement à la dynamique saisonnière de l'eau ou n'y participeraient que lentement et faiblement, alors qu'au-dessus, le système de l'horizon superficiel "micro-kartique", se remplit depuis la base au cours des épisodes pluvieux pour assurer ensuite latéralement, à faible profondeur, l'évacuation rapide du trop-plein.

Ainsi, le tarissement, tel qu'il est mesuré dans le thalweg, est constitué de plusieurs phases, de plus en plus longues, correspondant aux arrêts successifs de la participation des différents horizons.

A Grégoire, ce phénomène est net car les stations sont établies sur seuil inaltéré de telle sorte que le tarissement à son début, provient de tous les horizons aquifères du bassin. L'hydrogramme de crue, tracé en coordonnées semi-logarithmiques, montre un tarissement rapide qui marque la contribution importante d'un ou plusieurs horizons peu profonds dont les saturations variables avec l'alternance des épisodes pluvieux et secs déterminent un nombre variable de composantes secondaires de l'ordre de quelques jours. Il est relayé par un tarissement plus lent, essentiellement assuré par la vidange d'un aquifère plus profond et moins perméable qui pourrait correspondre à l'horizon d'accumulation et à la masse d'altération.

Il est à noter que dans ce cas, assez général pour ce type de terrain, la délimitation de la fin du ruissellement d'après l'hydrogramme ne peut s'appuyer que sur un ensemble de critères le plus homogène possible, mais qu'une part de détermination subjective demeure forcément.

#### 4.7.3. L'enfoncement du thalweg et du bassin dans la couverture pédologique

Il apparaît alors une autre notion importante pour appréhender la signification des comparaisons entre bassins à ECEREX, du terme écoulement de base Hb, ainsi que des termes évacuation souterraine Hs et variation du stock d'humidité + R. C'est celle de l'enfoncement du thalweg d'une part, et du bassin d'autre part, dans la couverture pédologique, consécutif aux jeux conjugués de la pédogénèse et de l'érosion. Par conséquent, la position de la station hydrométrique, plus ou moins en aval, est aussi un facteur déterminant des quantités d'eau souterraines récupérées pour l'écoulement de base.

En effet, tout en tête du bassin, seuls les horizons superficiels sont drainés par le thalweg peu marqué. Le tarissement est bref et peu important, l'essentiel des eaux infiltrées continue une circulation souterraine. Par contre, en aval, l'encaissement du thalweg permet de drainer un ensemble d'horizons plus épais, le tarissement dure longtemps, l'écoulement de base devient important et la part qui s'échappe sous la station diminue en conséquence. A la limite, si le thalweg atteint le mur imperméable de l'ensemble aquifère, un seuil inaltéré comme à Grégoire par exemple, la totalité du drainage souterrain Hs devient nul, au profit de l'écoulement de base Hb qui comprend alors la totalité des circulations souterraines.

La meilleure signification de l'écoulement de base paraît finalement rattachée à l'enfoncement du thalweg dans la couverture pédologique ainsi

qu'au profil pédologique ou sédimentaire de la zone du thalweg dans laquelle s'écoule l'inféro-flux. Ainsi les thalwegs F, G, H sont établis dans leur partie aval sur l'horizon d'altération et drainent la plus grande part des eaux infiltrées qui ont échappé à la transpiration des végétaux. Par contre, la faible part de l'écoulement de base en D, E de 1,5% doit correspondre essentiellement aux résurgences des eaux infiltrées dans les sols. Dans l'hypothèse où cette valeur de 1,5% revient en totalité au ressuyage superficiel, celui-ci n'en demeure pas moins très faible.

Il est à noter que l'inféro-flux est partiellement visible aux stations, plus ou moins abondant d'ailleurs, dans la tranchée qui, 2 m en contrebas des déversoirs, permet de vider les fosses à sédiments.

On retiendra donc l'interdépendance étroite entre l'écoulement de base Hb et l'évacuation souterraine Hs. Celle-ci est d'autant plus faible qu'une part importante des eaux de la nappe a déjà surgi avant la station pour y constituer l'écoulement de base.

#### 4.8. Variation du stock hydrique et évacuation souterraine

La variation du stock hydrique  $+ R$  tend à devenir négligeable devant les autres termes lorsque la période pluriannuelle croît. Ce n'est pas encore le cas pour les bassins ECEREX, mais les périodes prises en considération ont débuté et pris fin dans des conditions hydropluviométriques presque analogues qui impliquent une valeur de  $R$  faible. Le complément de l'ETR pour assurer le déficit d'écoulement revient alors en quasi-totalité à la décharge souterraine Hs.

D'autre part, le terme  $R$  varie par similitude sur tous les bassins en fonction des conditions climatiques, son influence est donc atténuée au niveau des comparaisons entre les bassins, bien que les caractéristiques hydrodynamiques du sous-sol soient également des facteurs déterminants.

Quoiqu'il en soit, à l'échelle annuelle, il semble préférable de considérer globalement le terme Hs ( $+ R$ ), même si l'essentiel revient à la décharge Hs, qui traduit la potentialité d'infiltration "profonde" du bassin et l'importance de l'écoulement des nappes dans les horizons inférieurs. Evidemment, ce terme est en partie conditionné par la position de la station par rapport au complexe aquifère.

Le groupe F, G, H se distingue nettement, avec des valeurs de Hs comprises entre 9% et 14%, des autres bassins pour lesquels les valeurs sont comprises entre 37% et 46% (tableau 2 b). Dans ces premiers, l'essentiel du drainage des nappes est capté aux stations où il donne lieu à un écoulement permanent, sauf en fin de saison sèche moyenne, alors que les autres thalwegs A à I s'assèchent peu après les crues.

L'importance relative de cette évacuation souterraine ressort du rapport des termes (exprimé en %), le bassin F, le moins perméable, étant pris pour référence.

	A	B	C	D	E	F	G	H
Evacuation souterraine Hs	4,1	4,0	4,9	4,5	4,9	1	1,5	2,2

Elle est 4 à 5 fois plus forte sur les bassins A à E que sur bassin F.

Plus que l'organisation pédologique du bassin, l'enfoncement du thalweg par rapport à la couverture pédologique, au niveau de la station, apparaît finalement le facteur déterminant de l'évacuation souterraine. Pour un bassin, il dépend donc de la position plus ou moins aval de la station hydrométrique.

#### 4.9. Ecoulement global des nappes souterraines

Une fois prélevé sur  $H_i$  la transpiration des végétaux  $TR$  et l'évaporation du sol  $Et$ , il s'écoule une part  $H_n$  qui regroupe les quantités d'eaux souterraines restituées pour constituer l'écoulement de base  $H_b$  et celles,  $H_s (+ R)$ , qui sont évacuées souterrainement, soit :

$$H_n = H_b + H_s (+ R)$$

C'est une valeur par excès du débit souterrain effectif, puisqu'une faible part revient au ressuyage superficiel de l'écoulement retardé.

L'étude de ce terme  $H_n$  évite l'inconvénient, évoqué précédemment, de l'interdépendance des termes  $H_b$  et  $H_s$  qui le composent.

Il peut être aussi évalué tel que :

$$H_n = H_i - (TR + Et)$$

Ce terme  $H_n$  traduit assez bien la transmissivité globale des nappes des bassins mais contient encore la part du ressuyage quasi superficiel incluse dans  $H_b$ .

Les valeurs varient de 52% sur le bassin C, le plus perméable, à 29% sur F, G, H, les moins perméables, soit dans le rapport 2 environ, avec des valeurs intermédiaires de 46% pour D, E et de 41% pour A, B.

L'importance de ce transit souterrain, relatif au F, est indiquée ci-après pour chaque bassin.

	A	B	C	D	E	F	G	H
Transit souterrain global Hn	1,5	1,5	1,9	1,6	1,7	1	1,1	1,1

#### 4.10. Conséquences des pertes et apports souterrains latéraux sur le bilan

Dans les conditions d'altération et d'organisation pédologique reconnues dans ce milieu tropical humide, il est probable que les lignes de crête de la topographie ne correspondent pas toujours avec celles des horizons les moins perméables ou avec celles du socle sain, déterminant ainsi un bassin versant souterrain éventuellement différent du bassin superficiel.

Il convient donc de préciser les conséquences d'apports ou de pertes souterraines sur certains termes du bilan.

Dès lors que le périmètre du bassin s'accroît, pertes et apports d'eaux souterraines tendent à se compenser.

La vidange des nappes Hs et la variation du stock hydrique du bassin + R sont évaluées par différence entre les pluies l'écoulement et l'évapotranspiration, tel que :

$$Hs (+ R) = Pb - He - ETR$$

Des pertes latérales sont donc bien prises en considération et mises au crédit de l'évacuation souterraine, globalement avec celles qui constituent l'inféro-flux dans la zone du thalweg.

Des apports latéraux, si leur localisation est profonde, risquent de surgir en aval de la station hydrométrique, sans modifier le bilan propre du bassin. Au contraire, si leur localisation est plus superficielle, ils peuvent accroître le ruissellement en augmentant l'humectation des sols, mais aussi participer à l'écoulement de base. L'enfoncement du thalweg dans la couverture pédologique apparaît, dans ce cas, déterminant. La présence de cet apport souterrain parasite ne pourrait être mise réellement en évidence par le bilan hydrique que si l'écoulement global devenait supérieur aux pluies diminuées de l'évapotranspiration, le terme (Hs + R) pouvant alors devenir franchement négatif. Ce cas n'a pas été observé à ECEREX. Les plus faibles valeurs du terme Hs (+ R) ont été obtenues sur les bassins F, G, H, les moins perméables, mais aussi les plus enfoncés dans la couverture pédologique, et donc où les thalwegs sont les plus susceptibles de drainer tant des apports souterrains extérieurs que les horizons compacts et d'altération à tarissement lent alimentés par les pluies infiltrées dans le bassin même.

5 - L'EROSION SOUS FORET

Les quantités de sédiments exportées  $W_t$  varient entre 0,2 t/ha/an selon les bassins (tableau 2, Fig. 6 et 7). Toutefois, une valeur de 1,1 t/ha/an a été mesurée sur les bassins A en 1978, alors qu'elle n'était que de 0,7 t/ha/an en 1977. Cette valeur maximale, entraînée par un charriage élevé, est peut-être due à l'activité des chercheurs sur le bassin, laquelle s'est intensifiée durant les mois qui ont précédé la déforestation. Excepté ce bassin A, les valeurs maximales sont observées sur les B, H et F. Les valeurs minimales le sont sur le bassin C, le plus perméable.

Il est à signaler que l'érosion des bassins A et C, en Novembre et Décembre 1978, c'est-à-dire immédiatement après la déforestation a été évaluée d'après les corrélations mensuelles établies pour les conditions naturelles. Les valeurs non disponibles en début d'année 1978 sur les bassins D et E, alors que les stations n'étaient pas encore en service, n'ont pas été reconstituées. Il pourrait donc s'agir d'un total annuel par défaut mais les travaux qui ont été réalisés immédiatement à l'amont de ces stations pour la construction des déversoirs ont créé lors des premières crues des apports de sédiments qui doivent compenser dans une certaine mesure les transports non mesurés.

Les quantités exportées en suspension  $W_s$ , non mesurées lors de certains événements individuels au cours de l'année, ont été estimées à l'aide des corrélations poids transportés en suspension-lames ruisselées, établies pour chaque bassin avec les résultats obtenus pour les crues échantillonnées.

Les concentrations minimales, observées en fin de phase de tarissement, sont le plus souvent comprises entre 2 et 10 mg/l. Les valeurs maximales, indiquées ci-après pour chaque bassin, ne dépassent guère 300 à 400 mg/l. Elles sont observées au voisinage de la pointe de crue.

C mex.	A	B	C	D	E	F	G	H
1 <sup>er</sup>	416	278	112	275	243	270	183	227
2 <sup>e</sup>	342	207	102	259	174	185	170	188

Les quantités maximales exportées (en kg/ha) au cours des crues individuelles sont indiquées ci-après.

Ws max.	A	B	C	D	E	F	G	H
1 <sup>er</sup>	35	30	10	26	23	84	44	61
2 <sup>e</sup>	28	26	5	20	19	91	21	27

Les plus fortes valeurs ne dépassent donc pas quelques kilogrammes ou quelques dizaines de kilogrammes.

Il convient également de souligner que l'essentiel de l'exportation annuelle est réalisé lors de quelques dizaines de crues.

L'exportation de matières en suspension varie de 0,04 t/ha/an selon les bassins. Les concentrations extrêmes correspondantes, rapportées aux volumes annuels de ruissellement, étant de 23 mg/l et 60 mg/l.

La concentration et la quantité sont encore minimales sur le bassin C, tandis que celles du bassin F, le plus imperméable, atteignent 48 mg/l et 0,38 t/ha/an, cette dernière valeur étant le maximum observé. La corrélation entre la quantité de suspension exportée et le ruissellement (Fig. 11) laisse d'ailleurs apparaître que la droite représentative du bassin C se distingue nettement d'un faisceau de droites bien groupées, représentatives des autres bassins.

La corrélation, entre les quantités de suspension exportées d'un bassin et celles qui le sont des bassins témoins B et F durant les mêmes crues (Fig. 12), permet une comparaison globale de l'érodibilité des bassins. D'après les coefficients angulaires des droites de corrélation, il ressort le classement par ordre croissant suivant pour les plus fortes crues ( $W_s = 12 \text{ kg/ha}$ ) : d'une part

C	D	E	A	B
0,37	0,49	0,69	1,00	1,00

d'autre part

G	F	H
0,76	1,00	1,04

La comparaison de l'érodibilité de tous les bassins peut être effectuée d'après les corrélations établies à l'échelle mensuelle entre les taux d'exportation (kg/ha) et l'indice de Wischmeyer des averses ayant donné lieu aux crues (Fig. 13, d'après Fig. 7 A) ou l'indice de Wischmeyer de toutes les pluies du mois (Fig. 8 A). Ces deux corrélations semblent aussi bonnes l'une que l'autre et fournissent des conclusions similaires, le classement suivant pouvant être réalisé par ordre d'érodibilité croissante

C      E      D      A      B      G      H      F

On retrouve là un classement analogue à celui du ruissellement.

L'exportation de sédiments par charriage,  $W_c$ , est comprise selon les bassins entre 0,09 t/ha/an et 0,4 t/ha/an avec une valeur maximale isolée de 0,8 t/ha/an sur le A en 1978. Le charriage minimal est observé sur le C. Ces valeurs de  $W_c$  représentent de 23 à 83% de l'exportation totale. Il apparaît donc que les rôles respectifs des deux types d'exportation sont très variables selon les bassins.

Il est ainsi confirmé en Guyane que l'érosion mécanique sous forêt, inférieure à 0,8 t/ha/an, est très faible, en raison de la protection assurée par le réseau de racines, la litière et la voûte forestière.

Les teneurs en éléments dans les eaux de crue sont en moyenne de 10 à 13 mg/l pour les ions, valeurs très légèrement plus faibles que celles des eaux des grandes rivières guyanaises, et de 2 à 4 mg/l de silice dissoute. Les eaux souterraines évacuées hors des bassins doivent avoir des teneurs sensiblement plus élevées. Compte tenu de l'écoulement total, superficiel et souterrain, c'est plus de 0,5 t/ha/an d'éléments dissous qui serait exportée du bassin. Cette estimation préliminaire devrait cependant, pour représenter l'érosion chimique, être diminuée des apports non négligeables en sels d'origine météorique.

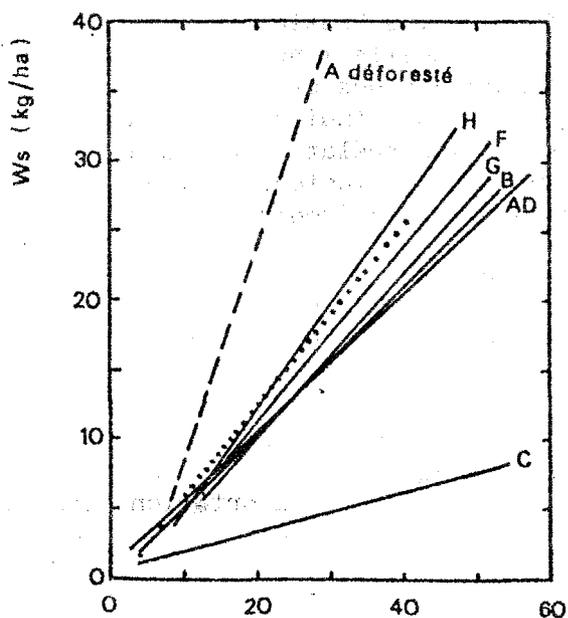


Fig. 11. — Ecérex 1977-1978. Corrélation entre la quantité de matières en suspension exportée et la lame ruisselée sur les différents bassins

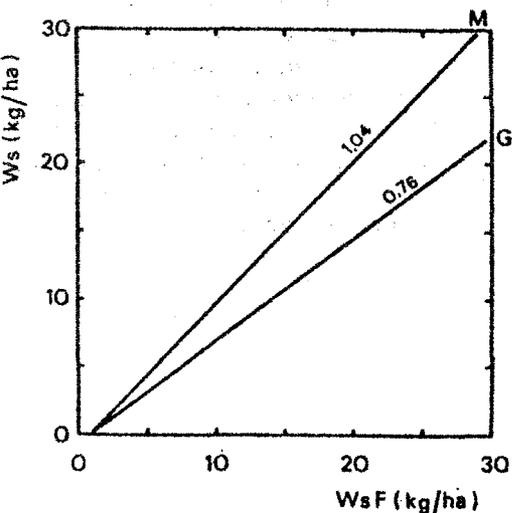
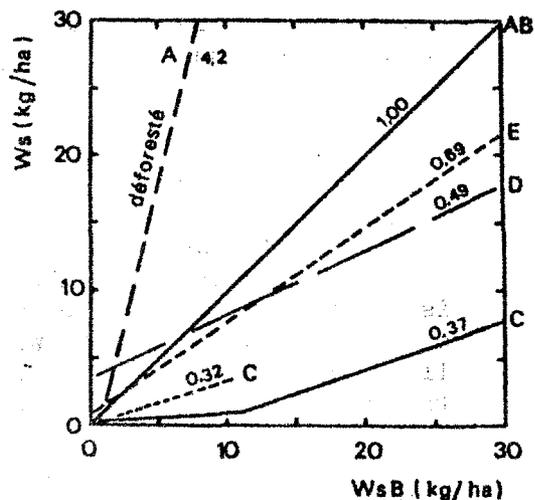


Fig. 13. — Ecérex 1977-1978. Corrélation entre les quantités mensuelles de matières en suspension exportées des bassins et la somme mensuelle des indices de Wischmeyer des averses ayant provoqué un ruissellement (d'après fig. 7 A)

Fig. 12. — Ecérex 1977-1978. Corrélation entre les quantités de suspension exportées d'un bassin et celles qui le sont des bassins témoins B et F durant les mêmes crues (d'après fig. 10 A) les valeurs portées sur les droites correspondent aux coefficients angulaires

6 - CONCLUSION

L'hydrologie superficielle et souterraine ainsi que l'érosion de l'écosystème forestier guyanais ont été étudiées par l'analyse et l'évaluation des différentes phases du cycle de l'eau et des exportations de matières solides et en solution. La comparaison des termes du bilan, ou des corrélations établies entre les termes mensuels ou des caractéristiques pluviométriques d'évènements individuels d'un même bassin ou de deux bassins dont un témoin, permet de disposer des éléments de référence pour suivre les effets de la déforestation et des aménagements qui marqueront le deuxième stade de ce projet.

Selon les bassins, pour une pluviométrie de 3 100 à 3 500 mm par an, le déficit d'écoulement varie de 56 à 90%, l'évapotranspiration assurant de 43 à 47% des pertes. L'écoulement global, de 10 à 44%, se partage entre le ruissellement compris entre 4 à 26% et un écoulement de base variant de 1 à 18%. Les quantités d'eau évacuées hors des bassins par les nappes sont évaluées entre 9 et 46%.

La forte dispersion spatiale de ces valeurs indique des conditions de drainage très différentes selon les sites, mais en accord avec les caractéristiques hydrodynamiques des sols. Des bassins où le drainage vertical est le plus libre à ceux où il est le plus ralenti, le ruissellement augmente ainsi dans le rapport 6 alors que la capacité de rétention diminue dans le rapport 1,3 et le débit des nappes dans le rapport 2.

Ces valeurs relatives, propres à chaque bassin, sont résumées ci-après :

	A	B	C	D	E	F	G	H
Ruissellement Hr	3,7	3,6	1	3,1	2,3	6,1	5,1	5,5
Capacité de rétention Hi	1,2	1,1	1,4	1,2	1,3	1	1,1	1,0
Evacuation souterraine Hs	4,1	4,0	4,9	4,5	4,9	1	1,5	1,5
Écoulement souterrain global Hn	1,5	1,5	1,9	1,6	1,7	1	1,1	1,1

Finalement, par ordre de ruissellement croissant ou de circulation souterraine décroissante, les bassins peuvent être ainsi classés :

		Drainage libre	Drainage mixte		Drainage ralenti type 1		Drainage ralenti type 2		
Ruissellement	Hr	C	E	D	B	A	G	H	F
Capacité de rétention	Hi	C	E	D	A	B	G	H	F
Evacuation souterraine	Hs	C	E	D	A	B	G	H	F
Ecoulement souterrain global	Hn	C	E	D	A	B	G	H	F

Le bassin I semble s'affilier aux D et E, tandis que le J s'apparenterait aux F, G, H.

L'érosion mécanique sous forêt est comprise entre 0,2 et 1,0 t/ha/an selon les bassins, les matières en suspension représentant de 17 à 77% de cette exportation. L'érosion chimique est de l'ordre de 0,5 t/ha/an.

Il convient de souligner l'importance, pour les objectifs d'une telle opération, d'avoir pu prendre en considération des termes du bilan spécifiques des relations eau-sol tels que la capacité de rétention, l'évacuation souterraine, le débit global des nappes du bassin. Ceci nécessitait que soient connues avec une précision acceptable l'évapotranspiration réelle et ses différentes composantes. Les mesures d'interception, d'évaporation sous forêt et d'ETR réalisées en d'autres sites de Guyane ont pu fournir les résultats nécessaires. Il paraît cependant important de continuer à développer, parallèlement aux observations pluvio-hydrométriques, de telles mesures tant sous forêt que sur les bassins versants déforestés et aménagés où des méthodes adéquates sont à adapter.

7 - BIBLIOGRAPHIE

Atlas de la Guyane, 1979.

A tropical rain forest, 1970 - Atomic energy commission. 3 vol.

BOULET R., FRITSCH E., HUMBEL F.-X., 1978 - Méthode d'étude et de représentation des couvertures pédologiques de Guyane française. Sect. Pédol. ORSTOM, 23 p.

BOULET R., BRUGIERE J.-M., HUMBEL F.-X., 1979 - Relations entre organisation des sols et dynamique de l'eau en Guyane française septentrionale : Conséquences agronomiques d'une évolution déterminée par un déséquilibre d'origine principalement tectonique. Sci. du sol., n° 1, p. 3-17.

BOULET R., 1979 - Cartographie pédologique des bassins versants. Etat d'avancement des travaux et premiers résultats. Bull. liaison DGRST, ECEREX, n° 2, p. 12-18, 3 fig.

DUBREUIL P., 1972 - Recueil des données de base de bassins représentatifs et expérimentaux, 1951-1969. ORSTOM, 916 p.

DUVIGNEAUD P., 1974 - La synthèse écologique. Dion.

FRITSCH E., 1979 - Etude des organisations pédologiques et représentation cartographique détaillée de quatre bassins versants expérimentaux sur schistes de Bonidoro de Guyane française. Sect. Pédol. ORSTOM, 30 p.

HIEZ G., DUBREUIL P., 1963 - Les régimes hydrologiques de Guyane française. Mém. ORSTOM, 119 p., 49 fig.

HOEPPFNER M., 1974 - Les bassins versants de la Crique Grégoire. Serv. Hydrol. ORSTOM Guyane, 107 p.

HUMBEL F.-X., 1978 - Caractérisation, par des mesures physiques, hydriques et d'enracinement, de sols de Guyane française à dynamique de l'eau superficielle, Sci. du sol, n° 2, p. 83-94.

Productivité des écosystèmes forestiers. Ecologie et conservation. Actes Coll. Bruxelles, UNESCO, Paris, 1971.

ROCHE M.-A., 1977 - Hydrodynamique et évaluation du risque de pollution dans un estuaire à marées (Guyane française). Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol., XIV, 4, p. 345-382, 21 fig.

ROCHE M.-A., 1978 - Objectifs et méthodologie d'étude comparative sur l'hydrologie et l'érosion des bassins versants expérimentaux. ECEREX. Bull. liaison DGRST. N° 1, 8 p., 2 fig.

- ROCHE M.-A., 1979 - Etude sur bassins versants expérimentaux des possibilités d'exploitation et d'aménagement de la forêt amazonienne en Guyane. Conf. Intern. sur l'hydrol. en agri. et l'aménagement de bassins versants dans la zone tropicale, Ibadan, 10 p., 5 fig.
- ROCHE M.-A., 1980 - Evapotranspiration réelle de la forêt amazonienne en Guyane, 9 p., 2 fig.
- SCHNOCK G., 1971 - Le bilan de l'eau dans l'écosystème forêt. Application à une chênaie mélangée de Haute Belgique. Actes Coll. Productivité des écosystèmes forestiers, UNESCO, 1969, Bruxelles, p. 41-47, 2 fig.
- SOLLINS P., DREWRY G., 1970 - Electrical Conductivity and Flow Rate of Water Through the Forest Canopy. A Tropical Rain Forest. U.S. Atomic Energy Commission, III, p. 137-153.
- SOPPER W.E., LUL H.W., 1967 - International Symposium on Forest Hydrology. Pergamon Press, 813 p.
- THORNTHWAITTE C.W., 1945 - The Water Balance of Tropical Climates. Bull. Amer. Meteorol. Soc., 32 p. 116-173.

## ANNEXE

TABLEAU 1

ECEREX. CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DES BASSINS VERSANTS

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Aire (m <sup>2</sup> )	11 500	14 500	14 500	13 300	15 500	14 000	15 000	10 100	11 200	13 700
Périmètre (m)	442	530	465	455	470	475	470	435	410	460
K Gravelius	1,15	1,23	1,08	1,10	1,06	1,12	1,08	1,21	1,08	1,10
Longueur rectangle (m)	137	188	116	113	118	129	113	150	102	115
Largeur rectangle (m)	84	77	125	117	132	109	128	67	110	119
Indice de pente	0,33	0,34	0,47			0,43	0,47	0,39		
Pente maximale (%)	20	17	21	25	29	32	32	20		
Longueur thalweg (m)	170	170	160	110	165	122	140	140		
Pente thalweg (%)	8	9	17	11	15	6	19	10		
Altitude max./déversoir (m)	16	23	28	28		24	28	25		

TABLEAU 2 a

ECEREX. BILAN HYDROLOGIQUE ET EXPORTATIONS DE SEDIMENTS DES BASSINS VERSANTS SOUS FORET PRIMAIRE

	Année 1977			Moyenne 1977, 1978		
	A	B	C	A	B	C
P (référence) (mm)	3 468	3 446	3 510	3 449	3 388	3 417
Hr (mm)	610 17,6%	603 17,5%	226 6%	573 16,6%	552 16,3%	183 5,4%
Hb (mm)	337 9,7%	229 6,6%	252 7,2%	232 6,7%	178 5,3%	221 6,5%
He (mm)	947 27,3%	832 24,1%	478 13,6%	805 23,3%	730 21,5%	404 11,8%
DE (mm)	2 521 72,7%	2 614 75,9%	3 032 86,4%	2 644 76,7%	2 658 78,5%	3 013 88,2%
ETR (mm)	1 470 42,4%	1 470 42,7%	1 470 41,9%	1 470 42,6%	1 470 43,4%	1 470 43,0%
Hi (mm)	2 288 66,0%	2 276 66,0%	2 708 77,2%	2 309 66,9%	2 278 67,2%	2 633 77,1%
Hs (+ R) (mm)	1 051 30,3%	1 144 33,2%	1 562 44,5%	1 175 34,2%	1 188 35,1%	1 543 45,2%
Hn (+ R) (mm)	1 388 40,0%	1 373 39,8%	1 814 51,7%	1 407 40,8%	1 366 40,3%	1 764 51,6%
Ws (kg/ha)	367 50%	343 44%	52 28%	323 36%	288 42%	47 22%
Wc (kg/ha)	370 50%	440 56%	135 72%	580 64%	400 58%	168 78%
Wt (kg/ha) (référence)	737	783	187	903	688	215

TABLEAU 2 b

ECEREX. BILAN HYDROLOGIQUE ET EXPORTATIONS DE SEDIMENTS DES BASSINS VERSANTS SOUS FORET PRIMAIRE

	Année 1978							
	A	B	C	D	E	F	G	H
P (référence) (mm)	3 430	3 329	3 323	3 419	3 364	3 143	3 112	3 158
Hr (mm)	535 15,6%	500 15,0%	140 4,2%	442 12,9%	328 9,8%	806 25,6%	671 21,6%	731 23,1%
Hb (mm)	126 3,7%	127 3,8%	189 5,7%	69 2,0%	29 0,9%	575 18,3%	528 17,0%	522 16,5%
He (mm)	661 19,3%	627 18,8%	329 9,9%	511 14,9%	357 10,7%	1 381 43,9%	1 199 38,6%	1 253 39,6%
DE (mm)	2 769 80,7%	2 702 81,2%	2 994 90,1%	2 908 85,1%	3 007 89,4%	1 762 56,1%	1 913 61,5%	1 905 60,3%
ETR (mm)	1 470 42,9%	1 470 44,2%	1 470 44,2%	1 470 43,0%	1 470 43,7%	1 470 46,8%	1 470 47,3%	1 470 46,6%
Hi (mm)	2 331 68,0%	2 280 62,2%	2 635 79,3%	2 414 70,6%	2 481 73,8%	1 816 57,8%	1 924 61,8%	1 903 60,3%
Hs (+ R) (mm)	1 299 37,9%	1 232 37,0%	1 524 45,9%	1 438 42,1%	1 537 45,7%	292 9,3%	443 14,2%	435 13,8%
Hn (+ R) (mm)	1 425 41,5%	1 359 40,8%	1 713 51,5%	1 507 44,1%	1 566 46,6%	867 27,6%	971 31,2%	957 30,3%
Ws (kg/ha)	278 26%	232 39%	41 17%	300 46%	176 57%	385 72%	288 77%	358 62%
Wc (kg/ha)	790 74%	360 61%	200 83%	355 54%	132 43%	152 28%	87 23%	218 38%
Wt (référence) (kg/ha)	1 068	592	241	655	308	537	375	576

TABLEAU 2 c

ECEREX. BILAN HYDROLOGIQUE ET EXPORTATIONS DE SEDIMENTS DE GROUPES DE BASSINS VERSANTS SOUS FORET PRIMAIRE

	Année 1978				Moyenne 1977, 1978	
	C	D, E	A, B	F, G, H	A, B	C
P (référence) (mm)	3 323	3 392	3 380	3 138	3 419	3 417
Hr (mm)	140 4,2%	385 11,4%	518 15,3%	736 23,5%	563 16,4%	183 5,4%
Hb (mm)	189 5,7%	49 1,4%	127 3,8%	542 17,3%	205 6,0%	221 6,5%
He (mm)	329 9,9%	434 12,8%	645 19,1%	1 278 40,7%	768 22,4%	404 11,8%
DE (mm)	2 994 90,1%	2 958 87,2%	2 735 80,9%	1 860 59,3%	2 651 77,5%	3 013 88,2%
ETR (mm)	1 470 44,2%	1 470 43,3%	1 470 43,5%	1 470 46,9%	1 470 43,0%	1 470 43,0%
Hi (mm)	2 635 79,3%	2 448 72,2%	2 305 68,2%	1 881 59,9%	2 293 67,1%	2 671 78,2%
Hs (+ R) (mm)	1 524 45,9%	1 488 43,9%	1 265 37,4%	390 12,4%	1 182 34,6%	1 543 45,2%
Hn (+ R) (mm)	1 713 51,5%	1 537 45,3%	1 392 41,2%	932 29,7%	1 387 40,6%	1 764 51,6%
Ws (kg/ha)	41 17%	238 49%	255 31%	344 69%	305 38%	47 22%
wc (kg/ha)	200 83%	244 51%	575 69%	152 31%	490 62%	168 78%
Wt (référence) (kg/ha)	241	482	830	496	795	215

EVAPOTRANSPIRATION REELLE DE LA FORET AMAZONIENNE EN GUYANE\*

-o-

M.-A ROCHE  
Maître de Recherches principal  
O.R.S.T.O.M.

-|--|==|--|-

1 - INTRODUCTION

L'évapotranspiration réelle de la forêt tropicale humide a pu être mesurée en Guyane par l'établissement du bilan hydrologique pluri-annuel de bassins versants, de 10 000 à 0,3 km<sup>2</sup>, totalement couverts par ce type de végétation. Les valeurs obtenues sont comparées aux évapotranspirations réelle et potentielle calculées par formules ainsi qu'aux valeurs obtenues en Afrique, notamment dans le bassin du Congo.

Le bilan hydrique d'un bassin peut s'écrire :

$$DE = ETR + Hs + \Delta R = P - He$$

DE est le déficit d'écoulement,

ETR l'évapotranspiration réelle qui inclut la transpiration des végétaux ainsi que l'évaporation sur les branches et le feuillage après l'interception de la pluie,

Hs les pertes, ou les alimentations souterraines, en relation avec les nappes des bassins adjacents,

$\Delta R$  la variation des réserves d'eaux souterraines, dont les résurgences dans le bassin contribuent à l'écoulement superficiel,

P la pluviométrie,

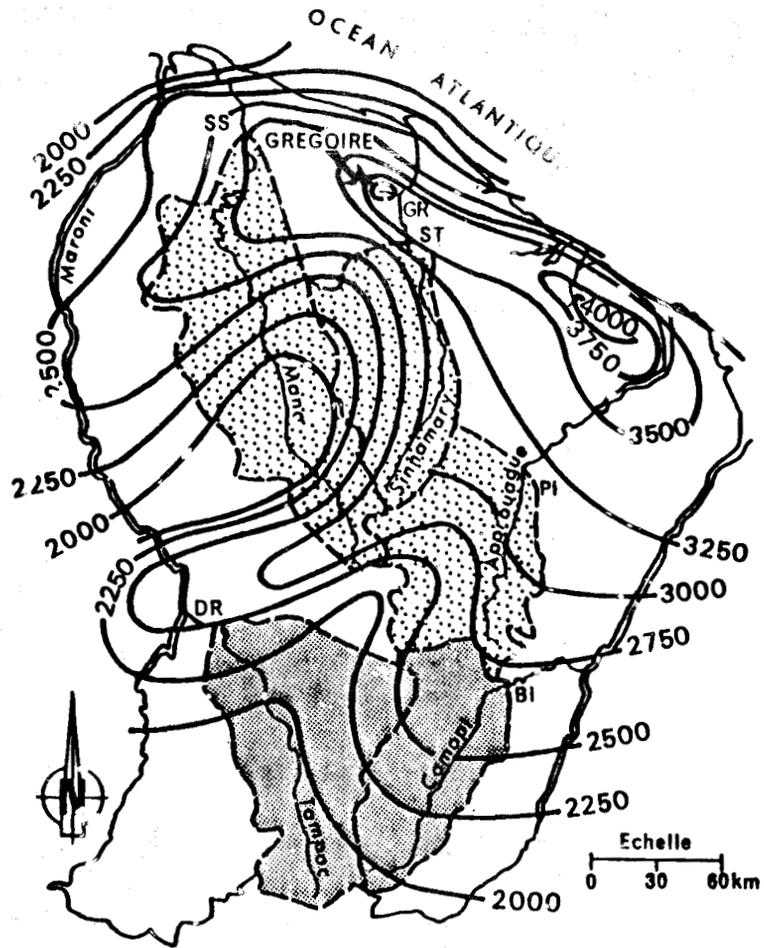
He l'écoulement superficiel à l'exutoire du bassin.

Le bilan hydrologique a été établi sur la base des données homogénéisées, pour cinq bassins de 4 800 à 10 000 km<sup>2</sup>, sur la période 1956-1976, et pour trois bassins représentatifs de 12,4 à 0,3 km<sup>2</sup> à Grégoire sur la période 1968-1976 (tableau 1).

La localisation de ces bassins est indiquée sur la carte d'isohyètes pluriannuelles (Fig. 1).

---

\* Paru dans Cahiers O.R.S.T.O.M., Série Hydrologie, Vol. XIX, n° 1 - 1982.



**Fig. 1. — Pluviométrie moyenne annuelle (mm) en Guyane durant la période 1956-1976 (d'après Atlas de Guyane)  
Situation des bassins versants**

**Figure 1. Pluviométrie moyenne annuelle (mm) en Guyane durant la période 1956-1976 (d'après Atlas de la Guyane) - Situation des bassins versants.**

## 2 - DEFICIT D'ÉCOULEMENT ET ÉVAPOTRANSPIRATION REELLE

L'assimilation de l'ETR au déficit d'écoulement nécessite que les termes  $H_s$  et  $\Delta R$  puissent être négligés devant  $P$  et  $H_e$ .

En ce qui concerne les bassins en cause, cette condition peut-elle être acceptée pour le terme  $H_s$ , qui représente les échanges souterrains avec les bassins adjacents ou un inféro-flux sous l'exutoire ?

Leur structure hydrogéologique, considérée à l'échelle de plusieurs kilomètres carrés, est relativement simple. Ils sont établis sur des roches antécambriennes éruptives (granites, roches vertes) ou très métamorphisées (migmatites à schistes) qui constituent le bouclier guyanais. Une altération intense y a créé des sols ferrallitiques, argilo-sableux, épais de plusieurs mètres, pour lesquels sont distingués deux principaux systèmes de circulation hydrique : l'un à drainage latéral oblique, la présence d'un horizon pédologique peu profond et de faible perméabilité bloquant plus ou moins la percolation, l'autre à drainage vertical, libre sur une plus grande profondeur (R. BOULET, 1977 ; F.-X. HUMBEL, 1978 ; E. FRITSCH, 1979).

Ces deux types de drainage engendrent une phase de tarissement de l'écoulement superficiel à composantes multiples. Un tarissement rapide, de l'ordre de quelques jours, pour lequel se distinguent souvent des composantes secondaires, marque la contribution importante du drainage oblique d'un ou plusieurs horizons pédologiques peu profonds. Il est relayé par un tarissement plus lent, essentiellement assuré par la vidange de terrains altérés plus homogènes et profonds, lorsque ceux-ci bien sûr sont entaillés par le thalweg.

Dans de telles conditions d'altération, il est probable que les lignes de crête de la topographie ne correspondent pas toujours exactement avec celles du mur de la nappe (horizon imperméable ou socle sain), déterminant ainsi un bassin versant souterrain différent du bassin superficiel.

Toutefois, dans le cas où des échanges souterrains peuvent se produire alors avec les bassins voisins, ce type de structure hydrogéologique et les faibles transmissivités ne peuvent donner lieu qu'à des débits relativement faibles par rapport à l'apport propre du bassin. Par ailleurs, pertes et apports, dès lors que le périmètre du bassin s'accroît, tendent à se compenser. Une réserve peut cependant être faite sur ce dernier point pour le bassin Grégoire III, compte tenu de ses petites dimensions.

L'inféro-flux sous les stations de mesure d'écoulement est nul car celles-ci sont installées sur des seuils rocheux inaltérés.

Ainsi, le terme  $H_s$  paraît pouvoir être négligé pour ces bassins de Guyane.

La variation des réserves souterraines, représentée par le terme  $\Delta R$  peut être considérée comme voisine de zéro, car la pluviométrie et les caractéristiques de la phase de tarissement étaient presque analogues à la fin des années limitant les périodes sur lesquelles les bilans ont été établis. D'ailleurs, une différence entre l'état de ces réserves d'eau dans les sols tend à devenir négligeable devant P et He compte tenu de la durée de ces périodes (21 à 9 ans).

Il ressort que les conditions hydrogéologiques des bassins étudiés sont particulièrement favorables pour permettre d'assimiler, avec une marge d'erreur faible, l'évapotranspiration au déficit d'écoulement, et écrire :

$$ETR = P - He$$

### 3 - DONNEES HYDROMETRIQUES

La pluviométrie moyenne sur les grands bassins, pour la période 1956-1976, a été évaluée par planimétrie de la carte d'isohyètes présentée dans l'Atlas de la Guyane (1979). Il faut mentionner que le nombre restreint des postes de mesure, notamment dans la moitié méridionale du pays, est à l'origine d'une incertitude dans le tracé des isohyètes et par conséquent dans l'évaluation de la pluviométrie moyenne.

A Grégoire, ce terme a été calculé par la méthode de Thiessen, d'après les observations journalières effectuées sur un réseau composé de 2 à 16 pluviographes selon les bassins (M.-A. ROCHE, 1979).

Les écoulements superficiels ont été mesurés par l'enregistrement continu des hauteurs d'eau à des stations où les relations hauteurs-débits ont été établies par des séries de jaugeages (M.-A. ROCHE, 1979).

Les résultats pluvio-hydrométriques sont regroupés dans le tableau 1.

TABLEAU 1

CARACTERISTIQUES HYDROPLUVIOMETRIQUES ET DEFICIT D'ECOULEMENT DE BASSINS VERSANTS SOUS FORET TROPICALE HUMIDE EN GUYANE

Bassins versants	Période	Superficie (km <sup>2</sup> )	Altitude moyenne approximative (m)	P moy. (mm)	He (mm)	DE (mm)	Ke (%)	K DE (%)
La Mana à Saut-Sabbat	1956-1976	10 300	100	2 473	934	1 539	37,8	62,2
La Sinnamary à Saut-Tigre	1956-1976	5 720	100	2 777	1 273	1 504	45,8	54,2
L'Oyapock à Pierrette	1956-1976	6 200	200	2 801	1 164	1 637	41,6	58,4
Le Camopi à Bienvenue	1956-1976	4 810	250	2 436	913	1 523	37,5	62,5
Le Tampoc à Degrad Roche	1956-1976	7 650	250	2 125	706	1 419	33,2	66,8
Grégoire à Station I	1968-1976	8,4	90	3 676	2 148	1 528	58,4	41,6
Grégoire à Station II	1968-1976	12,4	50	3 697	2 260	1 437	61,1	38,9
Grégoire à Station III	1968-1976	0,32	40	3 751	2 307	1 444	61,5	38,5

#### 4 - VALEURS DE L'ETR DE LA FORET EN GUYANE

##### 4.1. Valeurs obtenues par le bilan hydrologique

Les valeurs de l'ETR pluriannuelle déduites du bilan hydrologique sur la base des données précédentes varient de 1 640 mm à 1 420 mm selon les bassins, pour une pluviométrie pluriannuelle comprise entre 3 750 mm et 2 125 mm (tableau 1). Toutefois, il ne ressort pas de corrélation entre l'ETR et la pluviométrie

L'ETR de la zone nord, regroupant trois bassins (Fig. 1), est de 1 560 mm pour une pluviométrie de 2 650 mm. Celle de la zone sud, comprenant deux bassins, est de 1 460 mm pour une pluviométrie de 2 250 mm. Sur les bassins de Grégoire les valeurs sont comprises entre 1 435 et 1 530 mm.

##### 4.2. Comparaison avec les valeurs calculées selon PENMAN et THORNTHWAITE

L'évapotranspiration potentielle ETP calculée par la formule de Penman, sur la période 1969-1972, est de 1 565 mm à Grégoire, valeur légèrement supérieure à l'ETR de 1 440 à 1 530 mm mesurée par le bilan hydrologique des bassins, de 1968 à 1976.

H. MADEC (1963) a calculé l'ETP et l'ETR par la méthode de Thornthwaite. Il admet que l'ETR est égale à l'ETP lorsque la terre est suffisamment humide, et que par ailleurs le sol est capable d'emmagasiner 100 mm d'eau restituable aux végétaux, le reste s'évaporant. Ainsi, le sol peut au cours des mois déficitaires subvenir pendant un certain temps aux besoins des plantes. Après épuisement de la réserve d'eau utile du sol, représentée par les 100 mm, la plante peut encore supporter un déficit mais son évapotranspiration réelle est inférieure à l'ETP.

Calculées pour 8 stations de Guyane, les valeurs de l'ETP varient de 1 630 mm à 1 470 mm selon les stations, et celles de l'ETR de 1 590 mm à 1 410 mm. Ces différences minimales entre l'ETR et l'ETP s'expliquent par le régime des précipitations en Guyane où des périodes de plusieurs semaines sans pluies sont rares.

La carte en courbes d'égales ETR (Fig. 2) que la méthode de Thornthwaite permet de tracer, offre le moyen d'évaluer par planimétrie une valeur calculée de l'ETR des bassins étudiés (tableau ci-après).

	ETR Bilan	ETR Thorn.	ETR Penm.
Grégoire	1 470	1 500	1 565
Bassins nord	1 560	1 515	-
Bassins sud	1 430	1 400	-

La comparaison des valeurs obtenues par les différentes méthodes d'évaluation peut ainsi être effectuée, en tenant compte cependant que la multiplicité des périodes prises en considération peut engendrer une part des écarts constatés.

Quoiqu'il en soit ces écarts, ne dépassant pas 2 à 4%, apparaissent faibles. La cohérence des résultats d'ETR obtenus par le bilan hydrologique et la méthode de Thornthwaite permet d'avaliser la carte de H. MADEC.

Ces résultats justifient également la mention de l'ETP mensuelle, telle qu'elle ressort des calculs effectués avec la formule de Penman pour la station de Grégoire (1968-1972), et des ETP et ETR calculées selon la méthode de Thornthwaite, pour la station de Rochambeau (1956-1960).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An.
Grégoire													
ETP Penman (mm)	101	110	126	125	108	105	120	145	160	160	155	150	1 565
(%)	6,5	7,0	8,1	8,0	6,9	6,7	7,7	9,3	10,2	10,2	9,9	9,6	100
Rochambeau													
ETP Thorn (mm)	123	112	129	129	134	129	130	137	133	137	129	128	1 549
(%)	7,9	7,8	8,3	8,3	8,7	8,3	8,4	8,8	8,6	8,8	8,3	8,3	100
ETR Thorn. (mm)	123	112	129	129	134	129	130	137	129	64	129	128	1 473
(%)	7,9	7,8	8,8	8,8	9,1	8,8	8,8	9,3	8,8	4,3	8,8	8,8	100

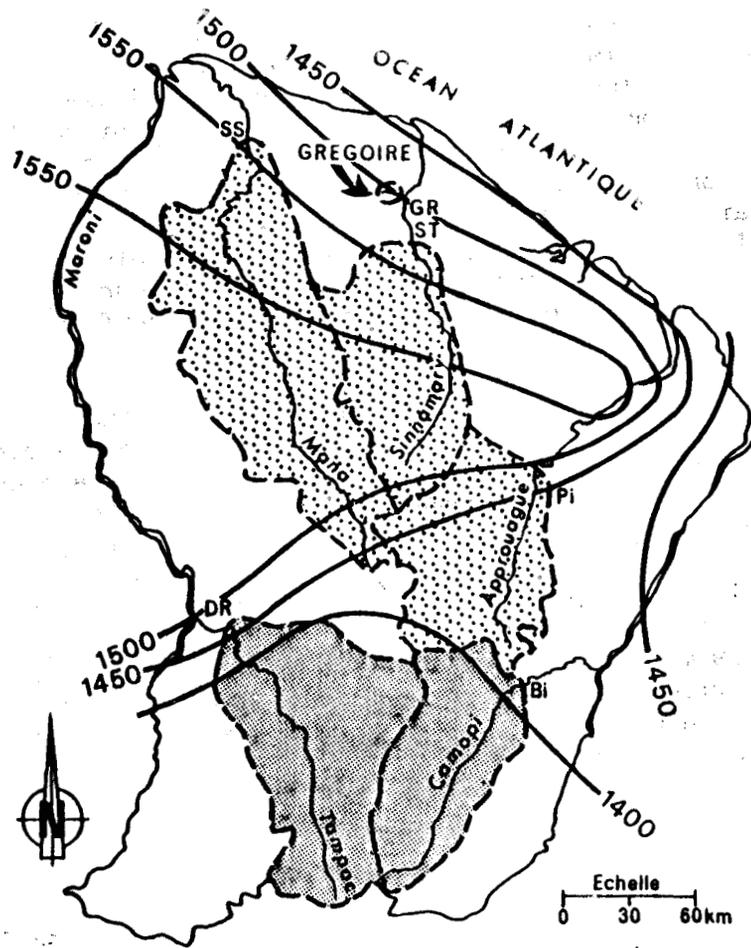


Fig. 2. — Evapotranspiration réelle moyenne annuelle (mm) en Guyane, estimée selon la méthode de Thornthwaite sur la période 1956-1960, d'après H. MADEC, 1963

5 - EVALUATIONS DES DIVERSES COMPOSANTES DE L'ETR

L'évapotranspiration globale, telle qu'elle est mesurée par le bilan hydrologique, est constituée d'un ensemble de phénomènes parmi lesquels peuvent être distinguées principalement la transpiration hydrique des végétaux, l'interception des averses par le feuillage et les branches (dont une partie est évaporée, l'autre partie étant probablement absorbée puis transpirée), l'évaporation du sol et de sa litière.

L'interception de la pluie par la voûte forestière a été mesurée à Grégoire en 1974-1975, à trois stations de 13, 13 et 6 pluviomètres groupées autour d'une clairière artificielle où étaient effectuées des observations climatologiques. L'interception durant une année y a arrêté respectivement 23%, 14% et 2% des précipitations, la valeur globale de l'interception, 470 mm, représentant 15% des 3 060 mm de pluie tombés dans la clairière et 30% de l'ETR. L'écoulement le long des troncs a été estimé inférieur à 1% de la pluie. Il est à signaler que les surfaces basales des troncs d'arbres d'un diamètre supérieur à 1 cm représentent dans la forêt guyanaise de 0,3 à 0,5% de la superficie totale (J.-P. LESCURE, communication personnelle).

Par ailleurs, durant la même période, deux bacs placés sous forêt, l'un de classe A, l'autre enterré, à section carrée de 1 m<sup>2</sup>, ont évaporé respectivement 74 mm et 67 mm soit 2,5% de la pluviométrie annuelle ou 4,5% de l'évapotranspiration globale. Cette évaporation peut, en première approximation, représenter celle du sol et de sa litière.

Il est à signaler que les bacs de mêmes caractéristiques que les précédents, mais situés en clairière, ont évaporé respectivement 810 mm et 769 mm durant la même période. Ces valeurs, qui équivalent à la moitié environ de l'ETR montrent que les phénomènes évaporatoires en clairière ne sont guère représentatifs de ceux qui interviennent au niveau de la voûte forestière.

## 6 - COMPARAISON AVEC L'ETR MESUREE EN D'AUTRES REGIONES

Dans d'autres conditions naturelles favorables, les bilans hydrologiques pluriannuels, établis pour de vastes superficies, ont fourni des valeurs de l'ETR parmi lesquelles il est intéressant de situer celles de la forêt guyanaise.

Le bilan hydrologique du lac Tchad (profondeur 1 à 4 m, superficie 20 000 km<sup>2</sup>), établi sur la période 1954-1969, a permis d'estimer une valeur globale des pertes hydriques tandis que le bilan salin, rendant possible la détermination des parts relatives de l'infiltration et de l'évaporation, a conduit à attribuer à cette dernière une valeur égale ou supérieure à 2 200 mm, sous une pluviométrie de 325 mm (M.-A. ROCHE, 1973).

Les déficits d'écoulement de bassins versants de régime équatorial du sud de la Côte d'Ivoire, du sud du Cameroun, de l'extrême nord et du Moyen Congo sont compris entre 700 et 1 450 mm (J. RODIER, 1964 ; P. DUBREUIL, 1972). Toutefois ces bassins, moins arrosés que la forêt guyanaise, peuvent être en partie couverts de savane dont l'évapotranspiration réelle est plus faible que celle de la forêt, ou situés à des altitudes très supérieures à celles des bassins guyanais.

L'ETR de la forêt équatoriale congolaise a été estimée par le bilan hydrologique à 1 395 + 140 mm par E.A. BERNARD (1953). Plus tard, BULTOT (fç-), par la même méthode, aboutit pour la cuvette centrale du bassin congolais à une valeur de 1 280 mm, sous une pluviométrie de l'ordre de 2 000 mm. D'autre part, A. FOCAN et J.-J. FRIPIAT (1953) mesurent une ETR de 1 433 mm pour la forêt de Yangambi, au Zaïre, dont 1 066 mm transpirés et 367 mm interceptés (26% de l'ETR).

L'ETR de la forêt congolaise apparaît ainsi analogue ou inférieure, au maximum de 20%, aux valeurs obtenues en Guyane.

Dans les îles Loyauté, l'interception par la forêt tropicale humide mesurée durant deux ans représente 295 mm, soit 22% des 1 500 mm de pluie (G. GIRARD, 1974).

De nombreuses mesures de ce type ont été effectuées en Europe et dans l'est des Etats-Unis (dont W.E. SOPPER et H.W. LUL, 1967 ; G. SCHNOCK, 1971 ; A.A. MOLCHANOV, 1971 ; P. DUVIGNEAUD, 1974). L'ETR mesurée par le bilan hydrologique varie entre 580 et 380 mm ; l'interception représente le plus fréquemment de 15 à 20% des précipitations, dépassant parfois 30% (J.O. HELVEY, J.H. PATRIC, 1965). La transpiration, variant entre 350 et 230 mm selon la latitude et le type de la forêt, apparaît trois fois plus faible que celle de la forêt tropicale humide.

## 7 - CONCLUSION

L'évapotranspiration pluriannuelle de la forêt tropicale humide en Guyane, déduite de bilans hydrologiques, est comprise entre 1 640 mm et 1 420 mm, avec une moyenne de 1 530 mm + 7%, sous une pluviométrie de 2 000 mm à 4 000 mm. Il est distingué des valeurs de 1 560 mm pour un groupe nord de bassins (22 000 km<sup>2</sup>) et de 1 460 mm pour un groupe sud (12 460 km<sup>2</sup>), soit pour l'ensemble 1 525 + 8%. L'ETR mesurée sur les bassins de Grégoire est estimée à 1 470 + 4%. Ces valeurs sont légèrement supérieures, de 2 à 4%, à celles de l'ETR calculées, pour les mêmes zones, par la méthode de Thornthwaite.

L'interception de la pluie par la voûte forestière représente 30% de cette évapotranspiration, l'évaporation du sol environ 5%. Ainsi, la transpiration hydrique des arbres assurerait pour sa part 65% de l'ETR.

Les valeurs de l'ETR de la forêt guyanaise sont analogues, ou supérieures au maximum de 20%, à celles de la forêt congolaise. Cet écart pouvant être imputable aux différences climatiques entre les deux régions. La part revenant à la transpiration, 800 mm à 1 000 mm, est voisine de celle qui a été mesurée pour la forêt congolaise (1 000 mm).

L'évapotranspiration de la forêt tropicale apparaît ainsi trois à quatre fois plus élevée que celle des forêts de la zone tempérée.

8 - BIBLIOGRAPHIE

Atlas de la Guyane, 1979.

AUBREVILLE A., 1971 - Quelques réflexions sur les abus auxquels peuvent conduire les formules d'évapotranspiration réelle ou potentielle en matière de sylviculture et de bioclimatologie tropicale. Bois et Forêt des Tropiques, n° 136, p. 32-34.

BERNARD E.A., 1945 - Le climat écologique de la cuvette centrale congolaise. INEAC, Bruxelles.

BERNARD E.A., 1953 - L'évapotranspiration annuelle de la forêt équatoriale congolaise et l'influence de celle-ci sur la pluviosité. Bull. de l'Inst. Royal Colonial Belge, XX-IV, p. 1 027-1 032.

BOULET R., 1977 - Aperçu sur le milieu pédologique guyanais - Caractères originaux et conséquences sur la mise en valeur. Sect. Pédol. ORSTOM, cote P 149, 36 p.

BOULET R., FRITSCH E., HUMBEL F.-X., 1978 - Méthode d'étude et de représentation des couvertures pédologiques de Guyane française. Sect. Pédol. ORSTOM, 23 p.

BULTOT F., 1961 - Sur la détermination des moyennes, mensuelles et annuelles de l'évaporation réelle et de l'écoulement dans le bassin congolais. INEAC, Bruxelles, p. 816-838, 4 fig.

DEACON E.L., PRIESTLEY C.H.B., SWINBANK W.C., 1958 - Evaporation et bilan hydrique. Climatologie. Compte-rendu de recherches UNESCO.

DUBREUIL P., 1972 - Recueil des données de base de bassins représentatifs et expérimentaux, 1951-1969. ORSTOM, 916 p.

DUVIGNEAUD P., 1974 - La synthèse écologique. Dion.

FOCAN A., FRIPIAT J.-J., 1953 - Une année d'observation de l'humidité du sol à Yangambi. Bull. Sec. Inst. Roy. Gl Belge.

FOUGEROUZE J., 1966 - Quelques problèmes de bioclimatologie en Guyane française. L'agronomie tropicale, n° 3, p. 292-346.

GIRARD G., 1974 - Etude de l'interception par la forêt aux îles Loyauté. Sect. Hydrol. ORSTOM, 9 p.

HELVEY J.D., PATRIC J.H., 1965 - Canopy and Litter Interception of Rainfall by Hardwoods of Eastern United States. Water Resources Resaearch, I, 2, p. 193-206.

- HIEZ G., DUBREUIL P., 1963 - Les régimes hydrologiques de Guyane française. Mémoire ORSTOM, 119 p.
- HUMBEL F.-X., 1978 - Caractérisation, par des mesures physiques, hydrique et d'enracinement, des sols de Guyane française à dynamique de l'eau superficielle. Sc. du sol., n° 2, p. 83-94.
- MADEC H., 1963 - L'évapotranspiration potentielle et le bilan de l'eau en Guyane, d'après les méthodes de Thornthwaite. Météo nat., Cayenne, 12 p.
- MOLCHANOV A.A., 1971 - Cycles of atmospheric precipitation in different types of forests of natural zones of the USSR. Actes coll. Productivité des écosystèmes forestiers, UNESCO, 1969, Bruxelles, p. 49-68.
- OBERLIN G., 1978 - L'ETR en hydrologie. XV journées de l'Hydraulique.
- PENMAN H.L., 1948 - Natural evaporation from open water, bare soils, and grass. Proc. roy. Soc. London. A 193. Productivité des écosystèmes forestiers. 1971 - Actes. Coll. Bruxelles, UNESCO, Paris.
- RIOU C., 1974 - La détermination pratique de l'évaporation. Application à l'Afrique Centrale. Thèse doct. ès-sc., Paris, Mémoires ORSTOM, n° 80, 236 p.
- ROCHE M.-A., 1973 - Traçage naturel salin et isotopique des eaux du système hydrologique du lac Tchad. Thèse doct. ès-sc., Paris VI, ORSTOM, 398 p., 131 fig.
- ROCHE M.-A., 1979 - Le réseau hydrométrique de Guyane (1951-1978). Sect. Hydrol. ORSTOM, Cayenne. 104 p., 25 fig.
- ROCHE M.-A., 1980 - Comportements hydrologiques comparés et érosion de l'écosystème forestier tropical humide à ECEREX, en Guyane. Sect. Hydrol. ORSTOM, 51 p., 13 fig.
- RODIER J., 1964 - Régimes hydrologiques de l'Afrique noire à l'est du Congo. ORSTOM, Paris, 137 p.
- SCHNOCK G., 1971 - Le bilan de l'eau dans l'écosystème forêt. Application à une chênaie mélangée de haute Belgique. Actes Coll. Productivité des écosystèmes forestiers, UNESCO, 1969, Bruxelles, p. 41-47, 2 fig.
- SOLLINS P., DREWRY G., 1970 - Electrical Conductivity and Flow Rate of Water Through the Forest Canopy. A Tropical Rain Forest. U.S. Atomic Energy Commission, III, p. 137-153.
- SOPPER W.E., LUL H.W., 1967 - International Symposium on Forest Hydrology. Pergamon Press., 813 p.
- THORNTHWAITE C.W., 1945 - The Water Balance of Tropical Climates. Bull. Amer. Météorol. Soc., 32, p. 116-173.

DISCUSSION :

A-t-on des indications sur les effets d'échelle ? Sur ces petits bassins on étudie le comportement des versants et les résultats seront valables pour l'ensemble des versants. Seules les zones basses ne sont pas prises en compte, mais les dangers d'érosion y seront moindre. Néanmoins, un plus grand bassin a été étudié - 4,5 km<sup>2</sup> - au milieu du dispositif et malgré les problèmes posés par les lits majeurs peu stables. Un autre problème vient du fait que la piste le traverse en long et qui pose donc un problème au niveau de la crue mais pour le bilan mensuel, il n'y a pas de problème. Ce grand bassin écoule autant d'eau que le bassin F (témoin) mais l'écoulement est plus tamponné.

Sur des petites surfaces, il doit y avoir une grande variabilité résultant de la forme des versants, etc... n'aurait-il pas fallu des pluviomètres au-dessus de la forêt ?

Au départ, 2 pluviomètres étaient installés par bassin, comme on n'observait pas de différence, c'est que la mesure en forêt est bonne.

Comparaison parcelles et bassins-versants : il serait très intéressant de comparer un bassin avec une parcelle et d'observer l'effet de déformation du thalweg sur tous les paramètres. On pourrait modéliser le ruissellement à partir des données sur parcelles. Le problème tient à transposer un système continu, mais il s'avère très intéressant d'essayer de tenter cette comparaison, - dont acte -.

UNE FORET PRIMAIRE DE GUYANE FRANCAISE  
DONNEES BOTANIKUES

-o-

PAR

J-P. LESCURE\*, H. PUIG\*\*, B. RIERA\*\*\*, D. SABATIER\*\*\*\*

-{|-{|-={-{|-

1. - INTRODUCTION

Cette étude a été réalisée dans le cadre du programme ECEREX (Ecologie, Erosion, Expérimentation), en Guyane Française, au bord de la piste de Saint Elie (carte 1). Le but du programme était de définir les principales composantes de l'écosystème forestier (pédologiques, hydrologiques, botaniques) dans le milieu naturel, puis de suivre les effets de différents types d'aménagements (pâturage, arboriculture, sylviculture, agriculture sur brûlis) sur ces composantes, ceci afin d'apporter aux responsables de la planification du développement guyanais des données scientifiques précises sur les effets des différentes spéculations agronomiques.

Le dispositif expérimental comprend outre la forêt primaire :

- Une parcelle de 25 hectares, appelée parcelle arbocel, défrichée entièrement en simulant les conditions d'exploitation papetière ;
- 10 bassins versants dont la surface varie de 1 à 2 hectares, étudiés d'abord sous forêt naturelle puis sous couvert aménagé ;
- Une parcelle de 1 hectare dite parcelle d'inventaire, à l'intérieur de laquelle a été choisi un échantillon pour l'étude de phytomasse ;
- 4 parcelles d'accroissement de 2500 mètres carrés chacune, où sont suivies des études de litière, de phénologie et de productivité de la forêt naturelle ;
- Un layon de 1,5 km, balayé et observé tous les quinze jours, où est étudiée la phénologie ;
- Un layon de 7,1 km sur lequel les chablis ont été observés (1).

---

\* ORSTOM, B.P. 165 -- CAYENNE -- GUYANE

\*\* Laboratoire de Botanique Tropicale -- Université de Paris 6

\*\*\* ORSTOM, B.P. 165 -- CAYENNE -- GUYANE

\*\*\*\* ORSTOM, B.P. 165 -- CAYENNE -- GUYANE

(1) Ce layon parcourt une surface de 213 hectares.

Le présent article résume les observations effectuées sur ce dispositif ; pour un certain nombre de points particuliers, le lecteur trouvera des renseignements complémentaires dans les références indiquées.

## 2. - QUELQUES DONNÉES SUR LE MILIEU

### 2.1. - Données climatiques

Située à 5° Nord sur la côte Est de l'Amérique du Sud, la Guyane française est soumise à un climat dont les variations saisonnières sont rythmées par les passages alternés de la zone intertropicale de convergence. La figure 1 rend compte des précipitations moyennes mensuelles calculées sur 10 ans pour la station de Cayenne Rochambeau. On observe une saison sèche du 15 août au 15 novembre, et une saison humide le reste de l'année qui est entrecoupée d'un creux pluviométrique marqué durant environ un mois et pouvant se situer en février, mars ou avril, irrégularité qui masque sa présence sur la figure 1 calculée sur 10 ans. Depuis 1977, les pluviographes placés sur le site de l'étude ont permis d'établir une moyenne (sur 4 ans) de 245 jours de pluie totalisant 3450 mm.

La température annuelle est voisine de 26°, avec une variation entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid n'excédant pas un degré. L'humidité moyenne mensuelle est élevée avec des valeurs oscillant entre 80 et 90 %. L'insolation annuelle varie de 1950 à 2500 heures avec une distribution mensuelle très variable. L'évapotranspiration (Piche) atteint 1075 mm/an avec un maximum en octobre. Quant à l'évapotranspiration réelle, elle a été calculée par ROCHE (1982) par la méthode du bilan hydrique de très grands bassins versants (afin d'annuler les problèmes de retenues de nappes) et atteint une valeur de 1470 mm/an pour la région étudiée.

### 2.2. - Topographie

La zone d'étude est située sur l'interfluve séparant le bassin de la Sinnamary de celui de la Counamama, sur des schistes de la série de Bonidoro. Le relief est fortement modelé avec des pentes excédant souvent 50 %, mais les dénivellations restent de faible amplitude. Le réseau hydrographique est très serré et les pentes des thalwegs deviennent vite suffisamment faibles pour que les débits solides des eaux de ruissellement soient captées, entraînant la formation de bas-fonds marécageux à sols très hydromorphes, couverts d'une végétation dominée par le palmier Euterpe oleracea Mart. auquel s'associe le "manil" Symphonia globulifera L.f. (CLUSIACEAE) Dans la zone étudiée, l'étendue de ces bas-fonds n'excède pas 15 % de la superficie totale. En dehors d'eux, le paysage est constitué de nombreux petits bassins versants dont la surface varie de 1 à 2 hectares, étroitement imbriqués les uns dans les autres et séparés par des lignes de crête arrondies mais assez étroites.

### 2.3. Pédologie

Les travaux de BOULET (1978), BOULET et al. (1978, 1979), HUMBEL (1978), GUEHL (1981), démontrent l'existence sur les schistes de Bonidoro, de 2 types de sol en regard du cheminement interne de l'eau ; dans le premier type, l'eau circule verticalement et librement dans le sol qui est alors dit "à drainage vertical libre" (DVL), dans l'autre type, l'eau infiltrée est très rapidement bloquée par un horizon imperméable, et doit alors s'écouler latéralement ; il s'agit d'un sol "à drainage vertical bloqué" (DVB). Ces deux types de sol sont étroitement imbriqués sur le terrain et le DVL ne couvre jamais une grande surface d'un seul tenant sur le terrain. Un autre caractère édaphique apparaît par endroits : il s'agit d'une hydromorphie de surface qui dans certains cas se rencontre jusqu'en haut des bassins versants.

#### COMPOSITION FLORISTIQUE

L'analyse des nombreuses données provenant de tous les membres de l'équipe ainsi que du CTFT (Centre Technique et Forestier Tropical, GUIRAUD et SARRAILH, 1980) a été effectuée par LESCURE (1981). Ces données ont été récoltées sur différentes parcelles totalisant plus de 20 hectares

Sur les 10 bassins versants totalisant 15,8 hectares

Sur les 4 parcelles de productivité totalisant 1 hectare

Sur la parcelle d'inventaire (1 hectare)

- Sur le layon phénologique ;

- Sur 4 autres parcelles totalisant 1 hectare ;

Le tableau 1 indique pour chaque famille le nombre de genre et d'espèces rencontrés

Les familles les plus riches en espèces sont par ordre décroissant CAESALPINIACEAE (24sp.) ; LECYTHIDACEAE (20sp.) ; CHRYSOBALANACEAE (16sp.) ; MIMOSACEAE (16sp.) ; SAPOTACEAE (13sp.) ; ANNONACEAE (13sp.) ; MORACEAE (12sp.).

Si l'on ne prend en compte que les individus de plus de 20 centimètres à hauteur de poitrine (DBH), on rencontre 45 familles. Classées par ordre de densité relative décroissante, les plus importantes sont alors : LECYTHIDACEAE (26 %) ; CAESALPINIACEAE (22 %) ; CHRYSOBALANACEAE (12 %) ; SAPOTACEAE (9 %) ; CLUSIACEAE (3 %) ; BURSERACEAE (3 %) ; neuf autres familles contiennent chacune entre 1 et 2 % de l'effectif total, les 26 dernières en constituent chacune moins de 1 %.

L'ordre de densité dans lequel s'établissent ces familles rappelle la forêt de Moraballi creek décrite par DAVIS et RICHARDS (1933). L'importance des CAESALPINIACEAE dans la voûte forestière a déjà été signalée par AUBREVILLE (1961), KLINGE et RODRIGUES (1973), RICHARDS (1952), SCHULZ (1950).

TABLEAU 1

NOMBRE DE GENRES ET D'ESPECES RENCONTRES PAR FAMILLE

FAMILLES	NOMBRE DE GENRES	NOMBRE D'ESPECES
Anacardiaceae	1	1
Annonaceae	8	13
Apocynaceae	7	9
Araliaceae	2	2
Bignoniaceae	2	2
Bombacaceae	3	3
Borraginaceae	1	2
Burseraceae	3	7
Caesalpiaceae	17	24
Caryocaraceae	1	1
Celastraceae	1	1
Chrysobalanaceae	4	16
Clusiaceae	5	9
Combretaceae	1	1
Ebenaceae	1	1
Elaeocarpaceae	1	2
Erythroxylaceae	1	1
Euphorbiaceae	8	8
Flacourtiaceae	3	6
Hippocrateaceae	1	1
Humiriaceae	3	3
Icacinaceae	3	3
Lauraceae	4	8
Lecythidaceae	4	20
Loganiaceae	1	1
Melastomaceae	3	9
Meliaceae	3	5
Mimosaceae	5	16
Monimiaceae	1	1
Moraceae	8	12
Myristicaceae	2	5
Myrsinaceae	1	1
Myrtaceae	5	6
Ochnaceae	2	2
Olacaceae	3	3
Papilionaceae	10	11
Proteaceae	1	1

FAMILLES	NOMBRE DE GENRES	NOMBRE D'ESPECES
Quinaceae	2	3
Rubiaceae	6	7
Rutaceae	2	2
Sapindaceae	4	7
Sapotaceae	7	13
Simaroubaceae	2	2
Sterculiaceae	4	6
Tiliaceae	1	1
Violaceae	2	3
Vochysiaceae	2	2
Verbenaceae	1	1

Une analyse plus fine consiste à calculer les densités relatives de chaque famille à l'intérieur de chaque classe de diamètre. La forêt apparaît alors fortement marquée par les LECHYTHIDACEAE pour les classes de 20 à 39 centimètres de DBH, alors que les classes de 40 à 69 centimètres sont incontestablement dominées par les CAESALPINIACEAE. Enfin, les très gros arbres se répartissent entre quatre familles : CAESALPINIACEAE, CARYOCARACEAE, CLUSIACEAE et SAPOTACEAE qui représentent 80 % des grandes classes de diamètre, les 20 % restant se rencontrant chez les BIGNONIACEAE, HUMIRIACEAE, LAURACEAE et PAPILIONACEAE. LE tableau 2 et la figure 2 résument ces observations.

Sur un échantillon plus petit de 1 hectare, les petites classes de diamètre ont été analysées ; la classe de 0 à 9 centimètres est dominée par les VIOLACEAE, LECHYTHIDACEAE, ANNONACEAE et CHRYSOBALANACEAE, par ordre de densité relative décroissante. La classe 10 à 19 est largement dominée par les LECHYTHIDACEAE et les PAPILIONACEAE.

On distingue ainsi au niveau des familles trois stratégies d'occupation de l'espace différentes :

- La famille s'exprime essentiellement dans le sous-bois ; c'est ici le cas des VIOLACEAE et des ANNONACEAE ;

- La famille domine dans une des classes intermédiaires de DBH puis perd son importance relative ; la distribution de sa densité relative dans les différentes classes de diamètre est en cloche, et la famille s'exprime mieux dans l'une des classes : 20-29 pour les LECHYTHIDACEAE, 30-39 pour les CHRYSOBALANACEAE, 70-79 pour les CAESALPINIACEAE ;

- La densité relative de la famille est généralement peu importante, mais devient forte dans les plus grandes classes de DBH, c'est-à-dire dans l'ensemble des émergents. C'est ici le cas des CARYOCARACEAE et des CLUSIACEAE.

Dans le cadre de chacune de ces stratégies, le comportement de la famille peut être homogène - toutes les espèces constitutives suivent la même stratégie - (CAESALPINIACEAE, LECHYTHIDACEAE), ou au contraire, hétérogène, ce qui apparaît par une succession de pics dans la distribution des densités relatives, pics que l'on peut attribuer à des comportements différents de taxons élémentaires. Le cas est très clair pour les CHRYSOBALANACEAE : au premier pic correspond le genre Hirtella, au second le genre Licania et au troisième enfin les genres Couepia et Parinari qui présentent très souvent de gros diamètres.

#### 4. -- LA FLORE ET LE MILIEU EDAPHIQUE

Sur les 10 bassins versants du programme ECEREX, les relevés floristiques ont été effectués sur des placettes de 20 x 20 centimètres, contiguës (GUIRAUD et SARRAILH, 1980). On peut supposer le plan de placettes d'inventaire à la carte pédologique effectuée par BOULET, et ce pour chacun des bassins.

TABLEAU 2

Effectifs relatifs des familles suivant les classes de DBH  
en %

Familles	0 9,9	10 19,9	20 29,9	30 39,9	40 49,9	50 59,9	60 69,9	70 79,9	80 89,9	90 99,9	100
Annonaceae	7,1	3,8	0,7	0,8	0,2	-	-	-	-	-	-
Bignoniaceae	-	0,2	0,2	0,	0,6	-	-	0,7	-	-	0,6
Burseraceae	1,4	2,8	4,3	2,6	1,2	0,7	1,2	0,7	-	-	-
Caesalpinaceae	4,7	7,8	14,9	21,2	31,9	42,3	46,4	50,5	35,9	23,4	19,4
Caryocaraceae	-	-	0,2	0,4	0,4	0,7	1	2,3	3,8	4,3	19,4
Chrysobalanaceae	5,2	2,4	12,5	14,1	13,1	5,9	3,7	4,0	5,3	-	-
Clusiaceae	1,1	2,4	3,5	4,0	2,3	1,4	2,1	1,7	11,4	14,9	19,4
Euphorbiaceae	3,5	0,2	1,7	0,9	1,0	0,3	0,3	0,7			
Humiriaceae	-	-	0,4	0,7	0,9	0,3	0,3	-	-	-	5,6
Lauraceae	2,3	1,7	1,5	1,4	1,3	2,1	1,7	5,3	5,4	5,5	5,6
Lecythidaceae	9,8	19,9	33,9	23,4	16,6	13,6	5,7	1,3	3,1	-	-
Mimosaceae	1,2	0,9	1,8	2,2	1,8	2,2	4,1	6,9	6,9	12,8	-
Moraceae	0,6	1,7	0,9	0,6	0,5	-	1,1	0,7	1,5	-	-
Papilionaceae	1,3	4,5	0,7	1,6	1,6	3,0	2,1	2,3	1,5	4,3	5,6
Sapotaceae	1,9	2,8	7,3	9,4	10,9	10,9	12,9	10,3	12,2	14,8	19,4
Violaceae	31,9	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TABLEAU 3

FREQUENCES ABSOLUES ET DENSITES RELATIVES DES TAXONS  
 PAR RAPPORT A DEUX CARACTERES EDAPHIQUES : DRAINAGE ET HYDROMORPHIE  
 DE SURFACE

TAXONS	DRAINAGE		HYDROMORPHIE	
	F	D	F	D
<i>Bocoa prouacensis</i>			+	+
<i>Brosimum guianensis</i>			+	
<i>Carapa guianensis</i>				
<i>Chrysophyllum prieurii</i>			+	(+)
<i>Dicorynia guianensis</i>	+	+	+	+
<i>Eschweilera chartacea</i>				
<i>Eschweilera corrugata</i>	+	+		
<i>Licania canescens</i>			+	+
<i>Licania heteromorpha</i>	+	+		+
<i>Manilkara bidentata</i>	.	.	+	+
<i>Micropholis guianensis</i>		+		+
<i>Ocotea guianensis</i>	+		+	(+)
<i>Ocotea rubra</i>				
<i>Parahancornia amapa</i>			+	+
<i>Parkia nitida</i>			+	+
<i>Peltogyne paniculata</i>				
<i>Pouteria guianensis</i>	(+)		+	+
<i>Pouteria ptychandra</i>			+	+
<i>Priourella cuneifolium</i>				
<i>Protium</i> sp.	+	+	+	+
<i>Qualea</i> sp.	+	+	.	+
<i>Sclerolobium melinonii</i>			(+)	
<i>Swartzia remiger</i>				
<i>Swartzia tomentosa</i>				
<i>Symphonia globulifera</i>	+	+	+	+
<i>Tovomita</i> sp.				
<i>Virola melinonii</i>			.	+
<i>Vouacapoua americana</i>	(+)		+	+
<i>Xylopia nitida</i>			(+)	
<i>Eperua</i> spp.	+	+	+	+
<i>Sterculia</i> spp.				

TABLEAU 4

LIAISON DES TAXONS AVEC HYDROMORPHIE ET DRAINAGE

TAXONS	LIAISON NEGATIVE		LIAISON POSITIVE	
	H+	DVB	H+	DVB
<i>Sococa guianensis</i>	+			
<i>Brosimum guianensis</i>	+			
<i>Chrysophyllum prieurii</i>	+			
<i>Licania canescens</i>	+			
<i>Parahancornia amapa</i>	+			
<i>Pouteria ptychandra</i>	+			
<i>Sclerolobium melinonii</i>	+			
<i>Virola melinonii</i>	+			
<i>Aylophia longifolia</i>	+			
<i>Parkia nitida</i>			+	
<i>Dicorynia guianensis</i>			+	+
<i>Licania heteromorpha</i>			+	+
<i>Manilkara bidentata</i>			+	+
<i>Micropholis guianensis</i>			+	+
<i>Symphonia globulifera</i>			+	+
<i>Eperua</i> spp.			+	+
<i>Ocotea guianensis</i>	+	+		
<i>Pouteria guianensis</i>	+	+		
<i>Protium</i> sp.	+	+		
<i>Qualea</i> sp.	+	+		
<i>Vouacapoua americana</i>	+	+		
<i>Eschweilera corrugata</i>				+

La carte pédologique indique les limites de caractères morphologiques ou fonctionnels du sol dont nous retiendrons le type de drainage (DVL ou DVB) ainsi que la présence ou l'absence de l'hydromorphie de surface (H+ ou H-). La figure 3 montre pour un bassin la superposition ainsi réalisée. Chaque placette peut donc être définie en regard des caractères édaphiques étudiés ; les placettes mixtes, c'est-à-dire celles qui sont traversées par la ligne de démarcation entre DVL/DVB ou entre H+/H-, n'ont pas été prises en compte dans l'analyse. On compare donc des relevés ne concernant que des populations de placettes situées sur l'un des 4 types de sol : DVL, DVB, H+, H-. Pour chacune de ces populations, on compare les fréquences absolues et les densités relatives de 32 taxons différents choisis pour leur importance dans le couvert forestier. Les fréquences ont été testées par un test de  $\chi^2$  au moyen d'une table de contingence 2 x 2, et les densités relatives par comparaison de pourcentage. Nous résumons ici les conclusions déjà données par ailleurs (LESCURE et BOULET sous presse). Les tableaux 3 et 4 résument les observations ; dans ces tableaux, les tests notés + conduisent à accepter une différence significative avec un coefficient de sécurité de 95 %, ceux marqués (+) avec un coefficient de sécurité de 90 %. le signe . indique que la signification d'une différence pourtant évidente, ne peut être testée par le test  $\chi^2$  du fait de fréquences trop faibles.

Dans l'échantillon étudié, on distingue 4 types de réaction des taxons aux conditions pédoclimatiques prises en compte :

1 - Le taxon ne réagit ni à l'hydromorphie de surface, ni au type de drainage ; c'est la cas de Carapa guianensis, Eschweilera chartaceae, Ocotea rubra, Peltogyne paniculata, Pouteria melanopoda, Priurella cuneifolium, Swartzia remiger, Swartzia tomentosa, Tovomita sp., Sterculia sp.

2 - Le taxon ne réagit pas au drainage mais à l'hydromorphie.

- Il préfère s'établir sur un sol non hydromorphe : c'est la cas de Bocoa guianensis, Chrysophyllum sericeum, Licania canescens, Parahancornia amapa, Pouteria ptychandra, Sclerolobium melinonii, Virola melinonii, Xylopia longifolia.

- Il s'accommode mieux d'un sol à hydromorphie de surface : c'est le cas de Parkia nitida.

3 - Le taxon régit au drainage et pas à l'hydromorphie de surface.

- Il est favorisé par le DVB mais cet avantage disparaît avec l'apparition de l'hydromorphie. C'est le cas de Eschweilera corrugata.

4 - Le taxon réagit à la fois à l'hydromorphie de surface et au drainage.

- Il préfère les lieux à DVL et sans hydromorphie de surface ; c'est le cas de Ocotea guianensis, Pouteria guianensis, Protium sp., Qualea sp., Vouacapoua americana.

- Il préfère à la fois le DVB et l'hydromorphie de surface ; c'est le cas de Dicorynia guianensis, Eperua spp., Manilkara bidentata, Micropholis guianensis, Symphonia globulifera, Licania heteromorpha.

## 5. - LES CARACTERISTIQUES STRUCTURALES ET LEURS VARIATIONS SELON LES FACTEURS EDAPHIQUES

Nous retiendrons ici les trois aspects de la structures de la végétation, étudiée à partir de 20 centimètres de DBH.

- La surface terrière.
- La densité du peuplement.
- La pente de la droite semi-lorarithmique

$$\log N = a D X \log b$$

ajustée à la distribution observée des effectifs de classes de diamètre ; ce type d'ajustement reste, selon ROLLET (1969), acceptable si l'on ne considère pas les petites classes de diamètre, et si l'échantillon reste réduit à la population couvrant quelques hectares, ce qui est le cas de notre échantillon.

Le tableau 5 résume les données disponibles. Pour les 10 bassins versants, ainsi que pour la parcelle d'inventaire, qui totalisent 16,8 hectares, on trouvera les données suivantes : la surface terrière, la densité absolue, la valeur du coefficient a, du log b et du coefficient de corrélation R de l'ajustement à la structure observée. On trouvera, d'autre part, pour chaque parcelle, la surface totale et les pourcentages de surface en DVL, DVB, H+ et H- calculés après mesures planimétriques sur les cartes pédologiques. De plus, en bas du tableau, on trouvera les données structurales des populations présentes dans chaque ensemble de placettes situées sur DVL, DVB, H+ et H-.

Les variations de chaque paramètre retenus peuvent être corrélées aux variations de surface occupées par tel ou tel type de sol, en utilisant le coefficient de corrélation non paramétrique de Spearman (Rs). Le tableau 6 résume l'analyse.

### Les surfaces terrières

La surface terrière est extrêmement variable d'un bassin à l'autre passant de 18,5 m<sup>2</sup>/ha à 32,8 m<sup>2</sup>/ha. L'analyse des corrélations montre que ces variations ne sont liées qu'à la présence ou à l'absence d'hydromorphie de surface ; la liaison est d'ailleurs très forte puisqu'elle est acceptable avec un coefficient de sécurité de 99 %. Elle est négative, c'est-à-dire que la surface terrière est moins forte sur des sols présentant un hydromorphie de surface.

### Les densités

Elles varient sur les parcelles étudiées de 142 à 286 individus à l'hectare ; mais ces variations ne sont corrélables à aucune variation édaphique étudiée.

TABLEAU 5

Parcelles	S. T. m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	Densité N ha <sup>-1</sup>	log N = a D + log b			S. totale ha	S. DVL %	S. DVB %	S. H <sup>+</sup> %	S. H <sup>-</sup> %
			a 10 <sup>-3</sup>	log b	R					
Bassin A	24,49	236	-29	2,765	-0,97	1,24	0	100	9,8	90,2
Bassin B	24,88	193	-29	2,667	-0,96	1,76	10,2	89,8	8,7	91,3
Bassin C	22,74	195	-25	2,495	-0,99	1,72	100	0	6,7	93,3
Bassin D	21,12	146	-23	2,249	-0,92	1,60	71,9	28,1	10,5	89,5
Bassin E	18,50	142	-19	2,163	-0,96	1,80	47,2	52,8	29,0	71,0
Bassin F	18,76	190	-26	2,527	-0,95	1,72	0	81,8	45,9	54,1
Bassin G	17,62	186	-34	2,862	-0,98	1,80	0	88,6	59,6	40,4
Bassin H	20,02	200	-38	2,051	-0,86	1,28	0	80,9	63,5	36,5
Bassin I	20,40	212	-30	2,767	-0,98	1,28	61,7	38,3	11,3	88,7
Bassin J	18,96	195	-46	2,346	-0,86	1,60	8,8	90,1	72,1	27,9
P. inventaire	32,80	286	-27	2,758	-0,97	1,00	100	0	0	100
Total	21,47	193	-29	2,700	-0,99	16,80	34,7	60,6	30,1	69,9
Toutes placettes										
D V L	22,86	197	-25	2,752	-0,99	5,12				
D V B	20,46	192	-32	2,810	-0,99	8,98				
H <sup>+</sup>	17,75	177	-33	2,843	-0,99	3,32				
H <sup>-</sup>	22,27	191	-26	2,651	-0,99	9,92				

CARACTERISTIQUES STRUCTURALES ET LEURS VARIATIONS SELON LES FACTEURS EDAPHIQUES

### Les structures totales

Les valeurs absolues du coefficient  $a$  qui déterminent la pente de la droite ajustées aux distributions des diamètres, sont bien corrélées aux variations de facteurs édaphiques étudiées ; le DVL et l'absence d'hydromorphie de surface (H-) autorisent la réalisation de gros diamètres alors que le DVB et la présence d'hydromorphie de surface ne la favorise pas.

Nous retiendrons donc que deux grands paramètres structuraux, surface terrière et pente de la droite ajustée à la structure totale observée, sont influencés par le type de drainage ou par la présence ou l'absence de l'hydromorphie de surface, DVB et hydromorphie de surface agissant comme des facteurs contraignants sur la végétation en diminuant la surface terrière et en empêchant la réalisation de gros diamètres ; remarquons aussi que la densité n'est pas affectée par ces facteurs édaphiques contraignants dans l'échantillon observé. Ces résultats se trouvent confirmés par la comparaison des caractéristiques structurales des populations situées sur des types de sol homogène (tableau 6) pour lesquelles on constate que les différences sont plus marquées entre les populations sur H+ et H- que sur celles situées sur DVL et DVB ; l'hydromorphie de surface apparaît donc comme plus contraignante que le DVB.

### 6. - LA PHYTOMASSE EPIGEE

Elle a été étudiée par LESCURE et al. (1983) ; nous résumerons ici les principaux résultats.

L'étude a été réalisée sur un ensemble de 25 placettes de 10 x 10 mètres comprenant 1412 individus ligneux érigés de plus de 1 centimètre de diamètre ; 498 d'entre eux, les plus petits, dont le poids total n'excédait pas 2 kg, ont été pesés en distinguant les feuilles et parties caulinaires, les 914 restant ayant été pesés en séparant feuilles, branches et troncs et en mesurant les principales parties caulinaires.

Le tableau 7 donne les résultats obtenus sur l'échantillon et le tableau 8 permet de les comparer avec les phytomasses obtenues à Manaus (KLINGE et RODRIGUES, 1973 et 1974), et au Suriname (OHLER, 1980). On constate l'homogénéité des résultats dans ces trois sites quant aux rapports entre les poids des feuilles des branches et des troncs ; la moyenne des 3 études donne :

- Phytomasse des feuilles : 1,69 % de la phytomasse totale +/-0,25 %
- Phytomasse des branches : 30,16 % de la phytomasse totale +/-0,61 %
- Phytomasse des troncs : 68,14 % de la phytomasse totale +/-1 %
- Phytomasse caulinare : 98,31 % de la phytomasse totale +/-0,38 %

Notons encore que l'importance des laines est plus forte à Manaus que dans les deux autres stations.

TABLEAU 6

Caractère		Rs	Décision	
y	x		Sécurité 95%	Sécurité 99%
Surface terrière	D V L	0,43	Pas de liaison	Pas de liaison
	D V B	-0,22	Pas de liaison	Pas de liaison
	H <sup>+</sup>	-0,83	Liaison -	Liaison -
	H <sup>-</sup>	0,82	Liaison +	Liaison +
Densité	D V L	0,10	Pas de liaison	Pas de liaison
	D V B	0,37	Pas de liaison	Pas de liaison
	H <sup>+</sup>	-0,32	Pas de liaison	Pas de liaison
	H <sup>-</sup>	-0,13	Pas de liaison	Pas de liaison
/ a /	D V L	-0,53	Liaison -	Pas de liaison
	D V B	0,54	Liaison +	Pas de liaison
	H <sup>+</sup>	0,55	Liaison +	Pas de liaison
	H <sup>-</sup>	-0,54	Liaison -	Pas de liaison

CORRELATIONS ENTRE LES VARIATIONS DES PARAMETRES STRUCTURAUX  
ET LES VARIATIONS DES SURFACES EDAPHIQUES

TABLEAU 7

RESULTATS DES MESURES DE LA PHYTOMASSE EPIGEE POUR L'ECHANTILLONNAGE

(En kg de Poids sec)

	Pf	Pb	Pt	Pc	PT
Ligneux érigés					
1 cm DBH	75	42 226	98 666	225	300
1 cm DBH	2 061	-	-	140 892	142 953
Ligneux lianesçents	250	-	110	3 100	3 350
Palmiers	250	-	-	110	360
Epiphytes	-	-	-	-	448
TOTAL	2 636	-	-	144 773	147 411

TABLEAU 8

COMPARAISON ENTRE TROIS SITES NEOTROPICAUX

	SAINT ELIE	MANAUS	SURINAME
II a			
Ligneux érigés DBH 1 cm	96,98	93,2	95,96
Ligneux érigés DBH 1 cm	0,20	0,20	0,14
Ligneux lianesçents	2,37	6,30	1,73
Palmiers	0,24	-	2,09
Epiphytes	0,30	0,03	0,07
II b			
Feuilles	1,72	2,50	3,18
Caulinaires	98,18	97,50	96,82
II c			
Feuilles	1,44	2,07	1,57
Branches	29,55	29,66	31,29
Troncs	69,01	68,27	67,14
Caulinaires	98,56	97,93	98,43

II a : Valeurs calculées en % de la valeur totale de la phytomasse.

II b : Valeurs calculées en % de la valeur totale de la phytomasse diminuée de celle des épiphytes.

II c : Valeurs calculées en % de la phytomasse des ligneux érigés de plus de 1 cm de DBH.

Le tableau 9 indique la répartition de la phytomasse dans les différents taxons ; l'importance que prennent ici les CARYOCARACEAE et les HUMIRIACEAE est due à la présence de peu d'individus dans l'ensemble des émergents et ne doit pas abuser le lecteur sur l'importance réelle de ces familles dans le paysage végétal.

La répartition de la phytomasse en fonction des classes de DBH est indiquée dans le tableau 10 qui montre que la petite classe (0 à 0,0) ne représente pas 3 % de la phytomasse totale, et que les deux plus petites classes ensemble (0 à 19,9) n'en représentent que 10 % ; cette indication est précieuse pour l'estimation de phytomasse à partir d'inventaires forestiers qui ne prennent pas en compte ces petite classes.

Des relations allométriques ont été établies entre la phytomasse des différentes parties et le diamètre à hauteur de poitrine ; les relations sont de la forme :

$$- P = K \cdot D^a$$

K et a étant des constances calculées, D le diamètre à hauteur de poitrine. Le tableau 11 indique les valeurs de K et a ainsi que la valeur du coefficient de corrélation R et celle de l'effectif de l'échantillon pour les différentes relations calculées.

A l'aide de ces relations, on peut calculer le poids de l'échantillon observé, soit en les appliquant à chaque individu, soit en les appliquant aux classes de diamètre en choisissant comme variable les valeurs médianes de ces classes. Le tableau 12 indique les différences entre poids calculés et poids observés.

Disposant de données par classe de diamètre pour les différents bassins versants, on peut calculer la phytomasse de chacun. Le tableau 13 indique les valeurs calculées et majorées de 10 % pour tenir compte des petites classes de diamètre ; on peut alors tester la relation entre phytomasse et pourcentage de la surface du sol en DVL par le coefficient de corrélation de Spearman,  $R_s$ . La valeur obtenue :

$$- R_s = 0,916$$

conduit à accepter la liaison entre les deux variables avec un coefficient de sécurité de 99 %. Mais on constate aussi, à la lecture du tableau que cette relation qui existe sur le plan général peut dans certains cas être masquée par d'autres phénomènes, probablement d'ordre sylvigénétique ; ainsi, le bassin A entièrement en DVB possède t'il une biomasse très proche de celle du bassin C entièrement sur DVL.

## 7. - LA LITIERE

La production de litière a été étudiée par PUIG (1979) pendant 3 ans sur quatre parcelles de 2500 mètres carrés chacune équipée de 15 collecteurs de 1 m<sup>2</sup> soit une surface de captage de 60 m<sup>2</sup>/ha.

TABLEAU 9

REPARTITION SYSTEMATIQUE DE LA PHYTOMASSE SUR L'ECHANTILLON

FAMILLE	% DE LA PHYTOMASSE SECHE TOTALE DES LIGNEUX ERIGES
Caesalpiaceae	36,54
Lecythidaceae	9,87
Caryocaraceae	7,91
Humiriaceae	7,54
Lauraceae	7,54
Moraceae	4,41
Burseraceae	3,41
Sapotaceae	3,18
Euphorbiaceae	3,03
Chrysobalanaceae	2,28
Myristicaceae	1,93
Mimosaceae	1,49
Clusiaceae	1,41
Ochnaceae	1,33
Flacourtiaceae	22
TOTAL	92,93

TABLEAU 10

REPARTITION DE LA PHYTOMASSE EN FONCTION DES CLASSES DE DBH

CLASSES	% DE LA PHYTOMASSE TOTALE DES LIGNEUX ERIGES
0 - 9,9 cm	2,38
10 - 19,9 cm	7,65
20 - 39,9 cm	18,59
40 cm	71,38

Les résultats sont donnés ici globalement car une étude détaillée montre que les variations entre parcelles sont assez faibles (inférieures à 2 %). Les poids sont donnés en Kg de poids sec par hectare et par an.

Litière totale	: 7 887 Kg/ha/an
dont :	
- Feuilles	: 5 565 Kg/ha/an
- Brindilles	: 1 460 Kg/ha/an
- Fleurs et fruits	: 862 Kg/ha/an

Les figures 4 et 5 permettent d'observer une périodicité dans la production de chaque élément de la litière et des variations mensuelles.

La chute maximale des feuilles se situe en juillet-août ; la production des fleurs est maximale en octobre-novembre, celle des fruits en février-mars. Les chutes maximales de litières apparaissent donc entre le maximum (mai-juin) et le minimum (septembre-octobre-novembre) pluviométrique. On peut se demander si ces chutes de feuilles maximales suivent la saison des pluies ou précèdent la saison sèche. Cette élimination du feuillage, élimination relative car les arbres, à de rares exceptions près, ne sont jamais dépourvus entièrement de feuilles, évite probablement aux arbres de perdre trop d'eau au cours de la saison sèche ; mais il est aussi possible que la violence des averses en fin de saison des pluies entraîne une chute accrue de feuilles ; la réalité du déterminisme de la chute de litière semble complexe et impossible à réduire à l'action de tel ou tel facteur isolé ; il faut plutôt la rechercher dans un faisceau de causes d'origine mixte, endogène et exogène.

#### 8. - NECROMASSE AU SOL

Elle a été mesurée sur 3 des 4 parcelles citées ci-dessus ; les résultats sont les suivants :

- Litière au sol	: 4 203 Kg/ha/an (poids sec)
- Petit bois	: 3 598 Kg/ha/an
- Troncs au sol	: 11 420 Kg/ha/an
- Troncs morts sur pied	: 3 488 Kg/ha/an
- Total nécromasse	: 22 707 Kg/ha/an

La valeur du bois mort à l'hectare est ici de 18,5 tonnes, chiffre inférieur à celui trouvé à Suriname par OHLER (1980), 22,6 t/ha, mais proche de celui cité à Manaus par KLINGE et al. (1975) 17,7 t/ha et du chiffre rapporté par LANDELOUT et MEYER (1955) au Congo, 17,3t/ha pour une vieille forêt secondaire. Compte tenu du caractère des chutes de bois en forêt, ces chiffres ne peuvent être qu'indicatifs d'une tendance générale.

TABLEAU 11

VALEURS DE K, a, R, ET DE L'EFFECTIF POUR LES DIFFERENTES RELATIONS CALCULEES

	P = K D <sup>a</sup>			N
	K	a	R	
Pf	0,0087	2,1360	0,91	914
Pt	0,0458	2,7098	0,97	418
Pc	0,0486	2,7632	0,97	914
PT	0,0563	2,7248	0,97	914

Relations allométriques liant les phytomasses au diamètre à hauteur de poitrine. Valeurs des constantes K et a, du coefficient de corrélation R et de l'effectif de l'échantillon N.

Pf : poids des feuilles,

Pt : poids des troncs,

Pc : poids caulinaire,

PT : poids total.

## 9. - VITESSE DE DECOMPOSITION DE LA LITIERE ET DU BOIS MORT

Différents auteurs, dont OLSON (1963), ont établi une équation déterminant un coefficient de décomposition K. Soit A la chute de litière par unité de temps, L la quantité accumulée sur le sol et dL la variation de cette quantité pendant le temps dt :

$$- dL = (A - KL) dt$$

On considère, généralement, que dans une forêt en équilibre, c'est le cas ici, la quantité de litière décomposée annuellement est égale à la quantité apportée par la chute. Si l'on prend pour intervalle de temps dt = 1 an, on a dL = 0 et l'équation précédente devient :

$$- K = \frac{A}{L} \quad \text{Ici } K = \frac{7887}{4203} = 1,88$$

En faisant K/365, on obtient en kg/ha le poids de litière détruit chaque jour par les décomposeurs ; on calcule ainsi facilement le temps nécessaire à la décomposition totale de la litière, en l'absence d'apport nouveau. Ici, le temps de décomposition est de 195 jours, soit un peu plus de six mois, contre 178 en Amazonie (KLINGE et al., 1975) et 77 jours au Ghana (NYE, 1961). En Colombie, il faut 244 jours et plus d'un an en région tempérée. La décomposition de la litière est donc relativement rapide en forêt guyanaise.

La vitesse de décomposition du petit bois mort, branches et grosses brindilles, peut être calculée de la même manière en utilisant le même coefficient K. Pour le bois mort, A et L sont respectivement 1418 et 3598 kg/ha :

$$- K = \frac{1418}{3598} = 3,94$$

Le bois se décompose 4 fois moins vite que les feuilles et fines brindilles, ce qui est logique ; les parties lignifiées du bois étant plus difficile à métaboliser. L'action des termites, très nombreux dans le secteur étudié, et de certaines bactéries spécialisées, permet cette décomposition, somme toute, rapide.

## 10. - LES CHABLIS

Ils ont été étudiés par B. RIERA (1983). Ce sont des trouées naturelles dues à la chute d'un arbre et, selon l'expression d'OLDEMAN (1984), les moteurs de la sylvigénèse. Des chablis, de leur taille et de leurs fréquences, dépendra l'équilibre de la forêt ; les chablis interviennent donc de façon importante dans l'aspect de la forêt.

Selon leur taille, on distingue trois types de chablis :

- Les volis créées par les chutes de branche ;
- Les chablis élémentaires issus de la chute d'un arbre ;
- Les chablis multiples créés par la chute de plusieurs arbres.

Sur un layon de 7,1 km de long et 30 m de large, qui permet de surveiller une zone de 21,3 hectares, tous les chablis apparus pendant un an ont été relevés. La fréquence d'apparition des chablis toute catégorie est de : 0,74 ha/an.

La figure 6 indique le nombre de chablis apparus en un an, en fonction de leur taille. La surface perturbée en un an est de 2377 m<sup>2</sup> soit 1,1 % de la surface observée.

Une autre technique a été utilisée par HALLE, de FORESTA, PREVOST et RIERA (en préparation). Elle consiste à étudier sur 2,5 hectares la mosaïque forestière selon la méthode déjà utilisée par TORQUEBIAU (1981). Au cours de ce travail, neuf phases sylvigénétiques, ou plus exactement physiologiques, ont été prises en considération et cartographiées ; l'une d'elles correspond aux chablis de moins de 5 ans environ et couvre 6 % de la surface étudiée, ce qui reste du même ordre de grandeur que l'estimation faite par observations sur le layon.

HARTSHORN (1978) trouve une valeur comprise entre 0,72 et 1,28 % pour la forêt de La Selva, au Costa Rica. BROKAW (1983) donne un taux comparable : 0,68 % pour une jeune forêt et 0,88 % pour une forêt plus âgée à Barro Colorado (Panama).

#### 11. - NECROMASSE ANNUELLE TOTALE

La biomasse détruite dans ces chablis doit intervenir dans le calcul de la nécromasse totale annuelle. A l'aide des données moyennes de biomasse à l'hectare calculées dans le tableau 12, nous pouvons calculer la nécromasse annuelle due aux chablis qui affectent, rappelons le, 1,1 % de la surface forestière chaque année. Cette nécromasse calculée, ajoutée aux chutes de litières observées dans les parcelles, donne la nécromasse totale annuelle (tableau 14) qui, dans notre forêt, atteint 11 726 kilogrammes de matière sèche à l'hectare et par an.

#### 12. - LES ACCROISSEMENTS EN DIAMETRE

Sur les parcelles d'étude de la litière, H. PUIG a mesuré, pendant 4 ans, l'accroissement diamétral de 80 arbres choisis parmi les plus représentatifs de la population arborescente de la zone étudiée (PUIG et PREVOST, 1983).

Le pourcentage d'accroissement moyen annuel des arbres de forêt primaire est très faible (0,79 %) et inférieurs à ceux rapportés dans la littérature pour des forêts comparables. Ici, comme ailleurs, les différences de croissance apparaissent entre les taxons ; certains ont un accroissement relativement rapide (1,14 % pour Virola michelii) ; pour d'autres, il est plus lent (0,51 % pour Eperua falcata).

TABLEAU 12

DIFFERENCES ENTRE POIDS CALCULES ET POIDS OBSERVES

	POIDS OBSERVE	POIDS CALCULES			
		Relation appliquée à chaque individu		Relation appliquée aux médianes des classes de diam.	
		Valeur calculée	Ecart (%)	Valeur calculée	Ecart (%)
Pf	2 061	2 111	+ 2,4	2 321	+ 1,2
Pt	98 666	101 988	+ 3,4	104 481	+ 6,4
Pc	140 892	134 334	- 4,7	136 043	- 3,5
PT	142 953	133 252	- 6,8	136 253	- 4,7

Utilisation des relations allométriques :

calcul du poids de l'échantillon

- en appliquant les relations à chaque individu ;
- en appliquant les relations médianes de classe de diamètre.

TABLEAU 13

PHYTOMASSES CALCULEES POUR LES DIFFERENTES PARCELLES ETUDIEES A ECEREX

(Individus ligneux érigés toutes classes de DBH ; poids secs en tonnes/hectares)

PARCELLE	Pf	Pt	Pc	PT = Pf + Pc	S (ha)	% DVL
Inventaire	7,0	332,7	482,6	489,6	1,00	100
Bassin A	5,8	261,3	377,3	383,1	1,24	0
Bassin B	5,4	253,8	367,7	373,1	1,76	10,2
Bassin C	5,6	271,2	394,7	400,3	1,72	100
Bassin D	5,5	279,7	408,6	414,1	1,60	71,9
Bassin E	4,7	236,0	343,9	348,6	1,80	47,2
Bassin F	4,9	217,5	313,3	318,2	1,72	0
Bassin G	4,7	204,2	297,2	301,9	1,80	0
Bassin H	5,5	247,0	257,0	262,5	1,18	0
Bassin I	5,0	216,7	311,8	316,8	1,28	61,7
Bassin J	4,7	198,8	285,3	290,0	1,60	8,8
Arbocel	5,2	239,6	337,2	342,4	25,00	?
Moyenne	5,2	241,0	343,7	348,9	41,80	?
DVL	6,2	298,3	433,6	439,8	5,12	100
DVB	4,1	185,1	267,5	271,6	8,88	0

Les accroissements moyens annuels par classe de diamètre sont donnés dans le tableau 15. La tendance générale montre un accroissement plus fort dans les classes de faible diamètre que dans les classes de diamètre élevé. Cependant, cette règle n'est pas absolue et le tableau montre quelques exceptions (classes 20-29 et 40-49) qui pourraient s'expliquer d'une part par la présence d'individus ayant atteint leur taille maximum et cessé de croître dans les classes 20-29 et 40-49, et d'autre part par une concurrence plus aiguë pour l'occupation de l'espace et l'utilisation de l'énergie dans ces mêmes classes ; ces deux phénomènes conjoints abaissant la moyenne de l'accroissement annuel.

L'accroissement annuel varie aussi en fonction du type de sol. Il est ainsi plus élevé sur les sols hydromorphes des bas-fonds (0,91 %) que sur les sols à drainage vertical libre. L'examen des % d'accroissement moyen mensuel montre que sur les sols hydromorphes des bas-fonds, l'accroissement se poursuit même en saison sèche grâce aux réserves en eau du sol maintenues par la présence d'une nappe peu profonde alors que cet accroissement est fortement ralenti par la sécheresse édaphique des autres types de sol.

Sur un plan plus général, la figure 7 montre que le pourcentage d'accroissement moyen toutes espèces confondues, subit une périodicité inféodée à la pluviométrie. Aux périodes de faible pluviométrie (août à novembre) se superposent les accroissements les plus faibles. Après une période sèche, dès la reprise des pluies, parfois même la précédant légèrement, on observe des accroissements relativement élevés. La même figure permet également de constater (plages en pointillés) qu'un excès d'eau provoque une diminution de l'accroissement, ceci étant particulièrement sensible au cours des mois d'avril, mai et juin de 1980, 1981 et 1982.

### 13. - LA PRODUCTIVITE

Nous donnons ici la valeur de la productivité nette selon LEMEE et al. (1975), calculée pour la forêt de Saint Elie :

.  $P_n$  = accroissement pondéral annuel + litière.

L'accroissement pondéral annuel peut se calculer d'après les données d'accroissement diamétral et les relations allométriques établies pour la biomasse ; il correspond à 4429 kilogrammes de poids sec.

La productivité primaire nette est alors :

.  $P_n$  = 4429 + 7787 (litière) = 12316 kg/an

Cette valeur est exactement du même ordre de grandeur que celle de la nécromasse annuelle (11726 kg/an) ; étant donné que la forêt étudiée est une forêt primaire, donc en équilibre, la concordance de ces deux valeurs montre l'homogénéité des résultats obtenus.

TABLEAU 14

NECROMASSE TOTALE EN kg/ha/an (POIDS SECS)

	CHABLIS	ZONES NON PERTURBEES
Feuilles	58	5 565
Branches	1 166	1 460
Troncs	2 615	-
Fruits + Fleurs	-	862
Sous-Total	3 839	7 887
TOTAL	11 726	

TABLEAU 15

ACCROISSEMENT MOYEN PAR CLASSE DE DIAMETRE

CLASSE DE DIAMETRE	% D'ACCROISSEMENT A PARTIR DU DIAMETRE INITIAL
0 - 9,9	0,72
10 - 19,9	0,90
20 - 29,9	0,43
30 - 39,9	0,74
40 - 49,9	0,46
50 - 59,9	0,68
60	0,22

#### 14. - LA PHENOLOGIE ET LA SAISONNALITE DE LA FLORAISON ET DE LA FRUCTIFICATION

Cet aspect a été étudié par D. SABATIER et H. PUIG. Les observations portent sur un peu plus de 3000 individus qui ont été régulièrement suivis entre 1978 et 1982, soit sur 1000 puis 1500 mètres de layon, soit sur 7500 m<sup>2</sup> de parcelles (SABATIER et PUIG, 1983 ; SABATIER, 1983).

Les types phénologiques se caractérisent par une grande hétérogénéité :

- Floraison et fructification continues ne semblent pas exister chez les grands arbres de la forêt, on les rencontrent chez quelques espèces de régénération (Cecropia obtusa par ex.) ;

- Floraison et fructification discontinues, annuelle et régulière sont assez communes chez les arbres (Symphonia globulifera, Virola michelii, Eperua falcata, Parahancornia amapa) ;

- Floraison et fructification semestrielles régulières, représentant deux productions au cours de la même année, se rencontrent peu fréquemment (Dendrobangia boliviana, Virola surinamensis) et semblent être un comportement plus individuel que totalement spécifique ;

- Floraison et fructification biennales, correspondant à une production tous les deux ans des individus, l'espèce produisant chaque année (Platonia insignis, également signalé par BENA, 1960) ;

- Floraison et fructification discontinues et irrégulières constituent un cas relativement commun qui peut présenter quelques modalités diverses : irrégularité annuelle (Sandwithia guianensis) ou inter annuelle (Vouacapoua americana, certaines Lecythidaceae).

Quel que soit le modèle phénologique, nous avons observé un comportement synchrone ou partiellement synchrone des individus chez les espèces considérées, ce qui est généralement constaté en zone néotropicale (SMYTHE, 1970 ; FOSTER, 1973 ; MILTON et al., 1982) ; par contre, en Malaisie, plusieurs auteurs ont constaté une faible proportion de comportements synchrones (HOLTUM, 1940 ; MEDWAY, 1972 et également PUTZ, 1979 qui observe 50 % d'asynchronisme).

L'étude de la saisonnalité permet de préciser l'époque de l'année où se produisent préférentiellement floraisons et fructifications (fig. 8).

Ainsi, les floraisons sont plus abondantes en saison sèche, tout particulièrement au second cycle. Sur 31 espèces dont les floraisons ont été observées sur 1000 mètres de layon de premier cycle, 76,5 % ont eu des fleurs durant la période sèche (juin 1980-décembre 1980) contre 49,4 % durant la période la plus humide (janvier 1981 à juin 1981). Au second cycle, sur 1500 mètres, 110 espèces ont été observées en fleurs, 80 % ont eu des productions durant la période la plus sèche (juillet à décembre 1981) contre 45,5 % pour les deux périodes plus humides de ce cycle (mars-juin 1981 et janvier-mars 1982).

Les fructifications, par contre, sont bien plus abondantes en saison pluvieuse avec un maximum centré sur le milieu de celle-ci. Au premier cycle, pour 88 espèces observées en fruits, 86 % ont eu des productions en saison pluvieuse contre 48,8 % en saison sèche. Au second cycle, sur 1500 mètres, les proportions sont analogues ; pour 132 espèces observées en fruits, 88 % ont eu des productions en saison pluvieuse contre 40,9 % en saison sèche.

L'amplitude des phénomènes, notamment pour la floraison, varie d'une année sur l'autre comme on le voit sur la figure 8 et comme cela est traduit par une valeur plus faible de l'équitabilité des floraisons en nombre d'espèces au second cycle (tableau 16).

Les fructifications présentent chaque année un maximum saisonnier dont l'amplitude est toujours très grande. Leur saisonnalité est plus accentuée que celle des floraisons, ce qui se traduit par des équitabilités en nombre d'espèces en fruits toujours plus faibles (tableau 16). En biomasse de fruits mûrs, cette saisonnalité est encore plus marquée (tableau 15).

La figure 8 permet encore de mettre en évidence le parallélisme très net entre les courbes en nombre d'espèces et en nombre d'individus, ce qui montre que les productions des espèces les plus abondantes sont régulièrement réparties au cours du cycle annuel.

Les données bibliographiques sur la phénologie des forêts tropicales (KOELMEYER, 1959-1960 ; SNOW, 1966 ; Mc CLURE, 1966 ; MEDWAY, 1972 ; FOSTER, 1973 ; FRANKIE et al., 1974 ; JACKSON, 1978-1981 ; PUTZ, 1979 ; ALEXANDRE, 1980 ; LIEBERMAN, 1982 par ex.) montrent que si l'existence d'une saisonnalité des floraisons et des fructifications en forêts tropicales est généralement mise en évidence, à l'exception de PUTZ (1979), en Malaisie, son expression n'en demeure pas moins variable. Pour les floraisons, d'une part, l'amplitude saisonnière semble d'autant plus marquée que le climat est contrasté, d'autre part le maximum de floraison interviendrait plutôt en saison sèche, sauf sous climat particulièrement sec (BURGER, 1974). Pour les fructifications, la relation forêt sèche ----- fructification en saison sèche, forêt humide ----- fructification en saison des pluies (KOELMEYER 1959-1960 ; FRANKIE et al., 1974), qui s'accorde bien aux observations menées en Guyane au site Piste de Saint Elie, n'est pas confirmée par les résultats obtenus en Côte d'Ivoire (ALEXANDRE, 1980) ou au Ghana (LIEBERMAN, 1982) ; d'autres auteurs décrivent également des comportements mixtes (SNOW, 1966, à Trinidad ; JACKSON, 1978-1981 au Brésil)

#### Saisonnalité de la fructification et type biologique (Fig. 9 et 10)

Quel que soit le type biologique, la saisonnalité existe toujours, mais elle peut varier d'un type à l'autre : les ligneux érigés de faibles diamètres (espèces du sous-bois) et les épiphytes ligneux ont une fructification assez équitablement réparties au cours du cycle annuel, tandis que les lianes ont une distribution irrégulière et les grands arbres des amplitudes saisonnières très marquées.

TABLEAU 16

EQUITABILITE DES DISTRIBUTIONS DES FLORAISONS ET DES FRUCTIFICATIONS  
EN NOMBRE D'ESPECES ET EN BIOMASSE

	FLORAISON (Nombre) d'Espèces)	FRUCTIFICATIO (Nombre d'Espèces)	FRUCTIFICATION (Biomasse)
1 000 m 1er Cycle	0,9811	0,9496	0,8739
1 000 m 2ème Cycle	0,9616	0,9379	0,8042
1 500 m 2ème Cycle	0,9610	0,9583	0,8357

Nous ne trouvons pas, en Guyane (fig. 8) le déphasage entre fructification des espèces des strates inférieures et supérieures signalé par plusieurs auteurs (FOSTER, 1973 ; FRANKIE et al., 1974 ; HILTY, 1980 ; ALEXANDRE, 1980).

Saisonnalité de la fructification et type de dissémination (fig. 11)

Si l'on considère seulement les espèces ayant été fertilisées, la répartition en fonction des types de dissémination est la suivante :

. Zoochores (à fruits pulpeux ) .....	83,4 %
. Anémochores .....	6,8 %
. Autochores .....	4,9 %
. Autres* .....	4,9 %

\* (c'est-à-dire sans adaptation évidente à l'un des types ci-dessus).

Les espèces zoochores, bien que saisonnières, ont une production de fruit continue ; les anémochores sont plus saisonnières que les zoochores, surtout si l'on ne considère que les grands arbres ; les autochores présentent également une saisonnalité très nette, plus marquée également si l'on n'envisage que les grands arbres.

LEGENDES DES FIGURES

Fig. 1. - Diagramme ombrothermique de la station de Rochambeau.

Fig. 2. - Effectif relatif des familles en fonction des classes de DBH.

Fig. 3. - Bassin versant D : limites des drainages DVL - DVB.

Fig. 4. - Production moyenne de litière, février 1978 - mars 1981.

Fig. 5. - Production mensuelle de litière, février 1978 - mars 1981.

Fig. 6. - Châblis : nombre en fonction de leur taille.

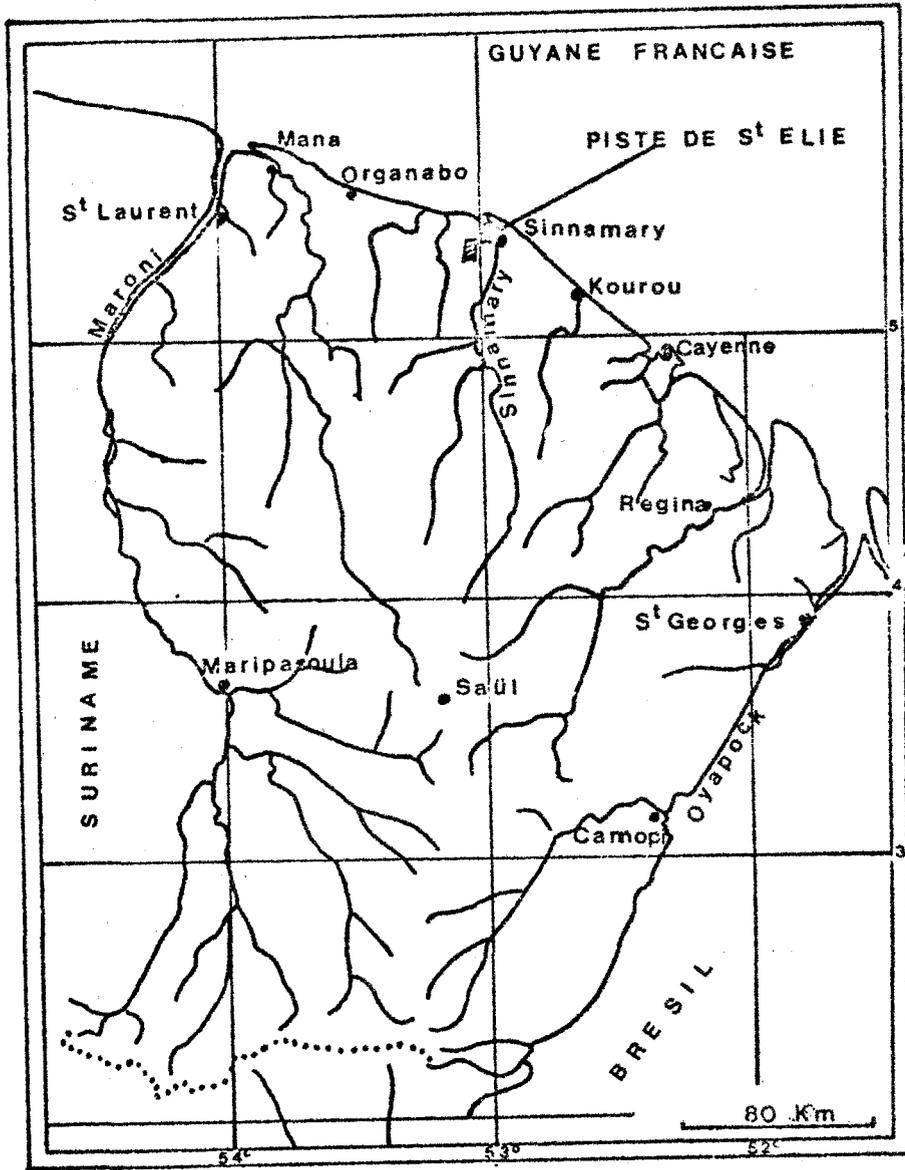
Fig. 7. - Relations entre les % d'accroissement et la pluviométrie.

Fig. 8. - Saisonnalité de la floraison et de la fructification pour l'ensemble des espèces ligneuses.

Fig. 9. - Saisonnalité de la fructification et type biologique.

Fig. 10. - Saisonnalité de la fructification et classes de diamètre.

Fig. 11. - Saisonnalité de la fructification et types de dissémination.



CARTE n°1

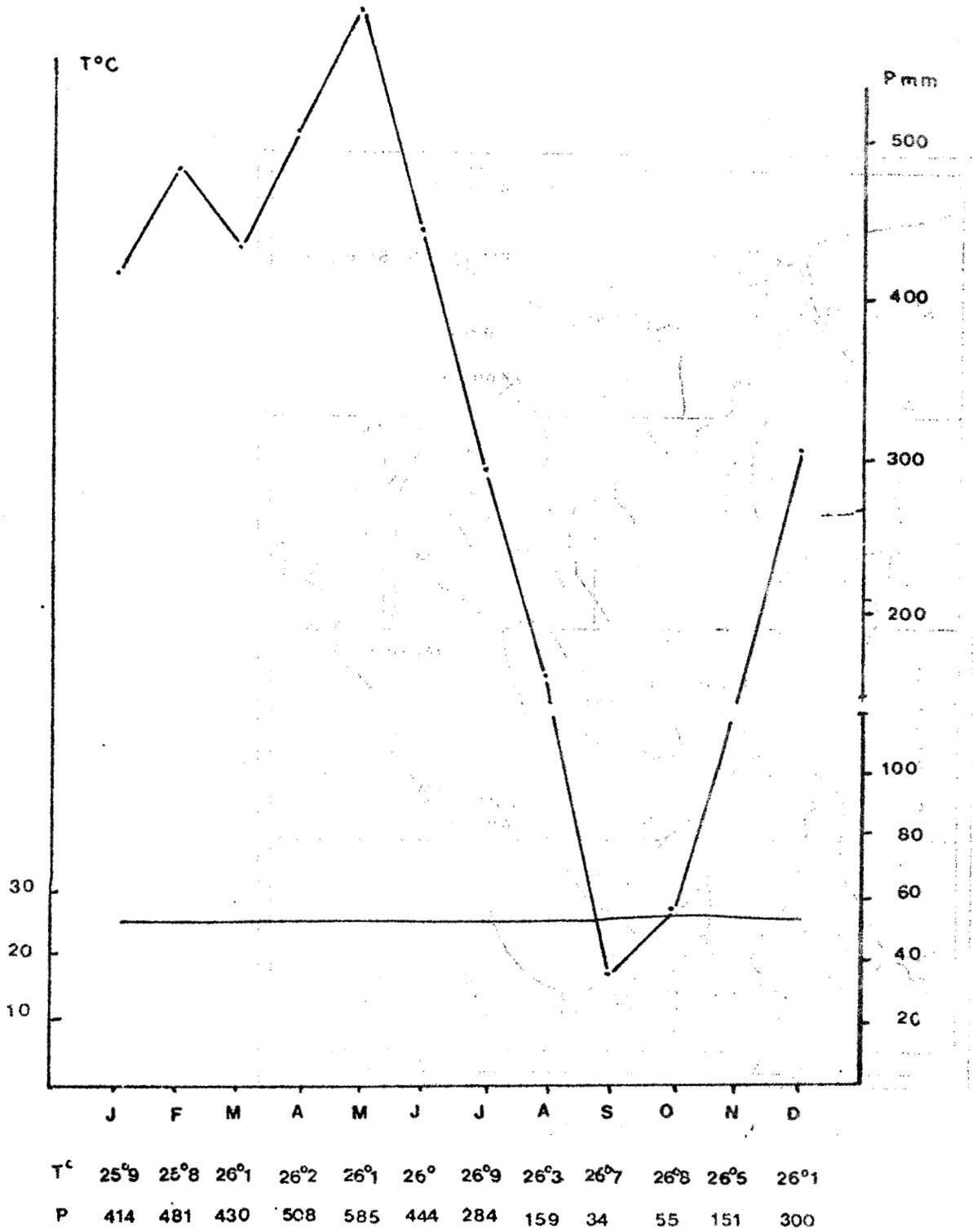


FIG. 1

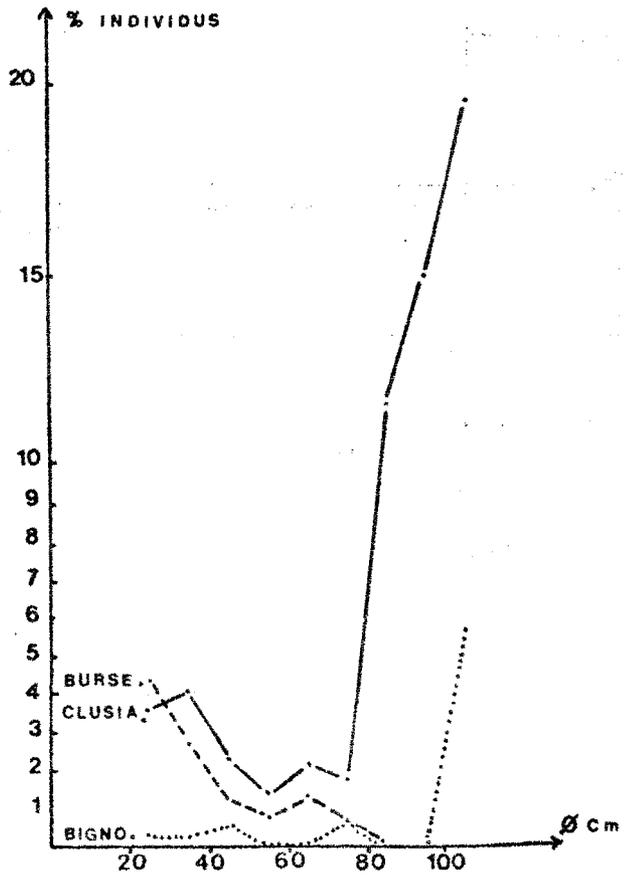
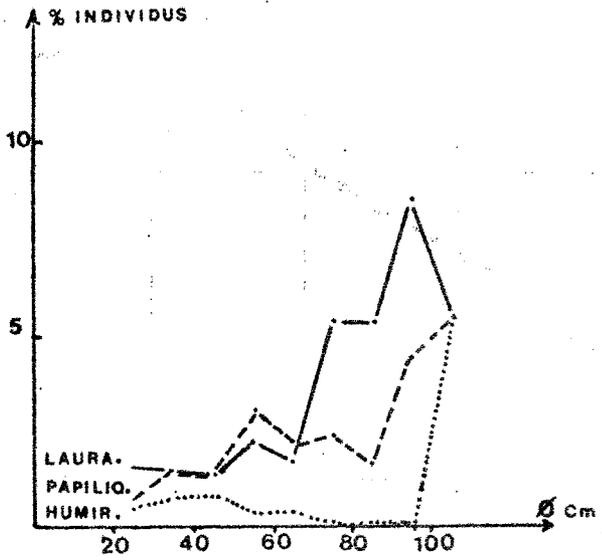
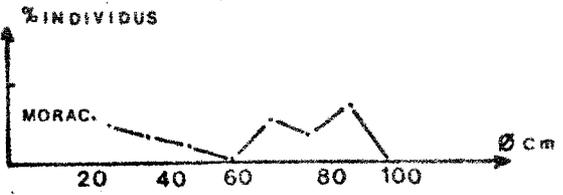
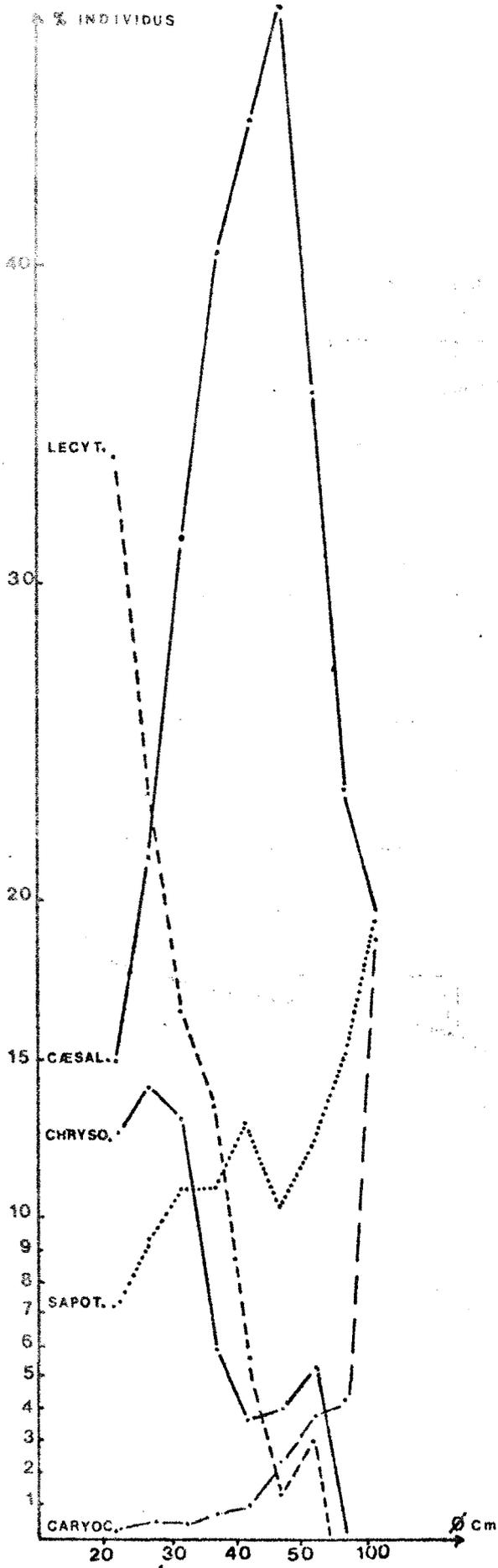


FIG 2

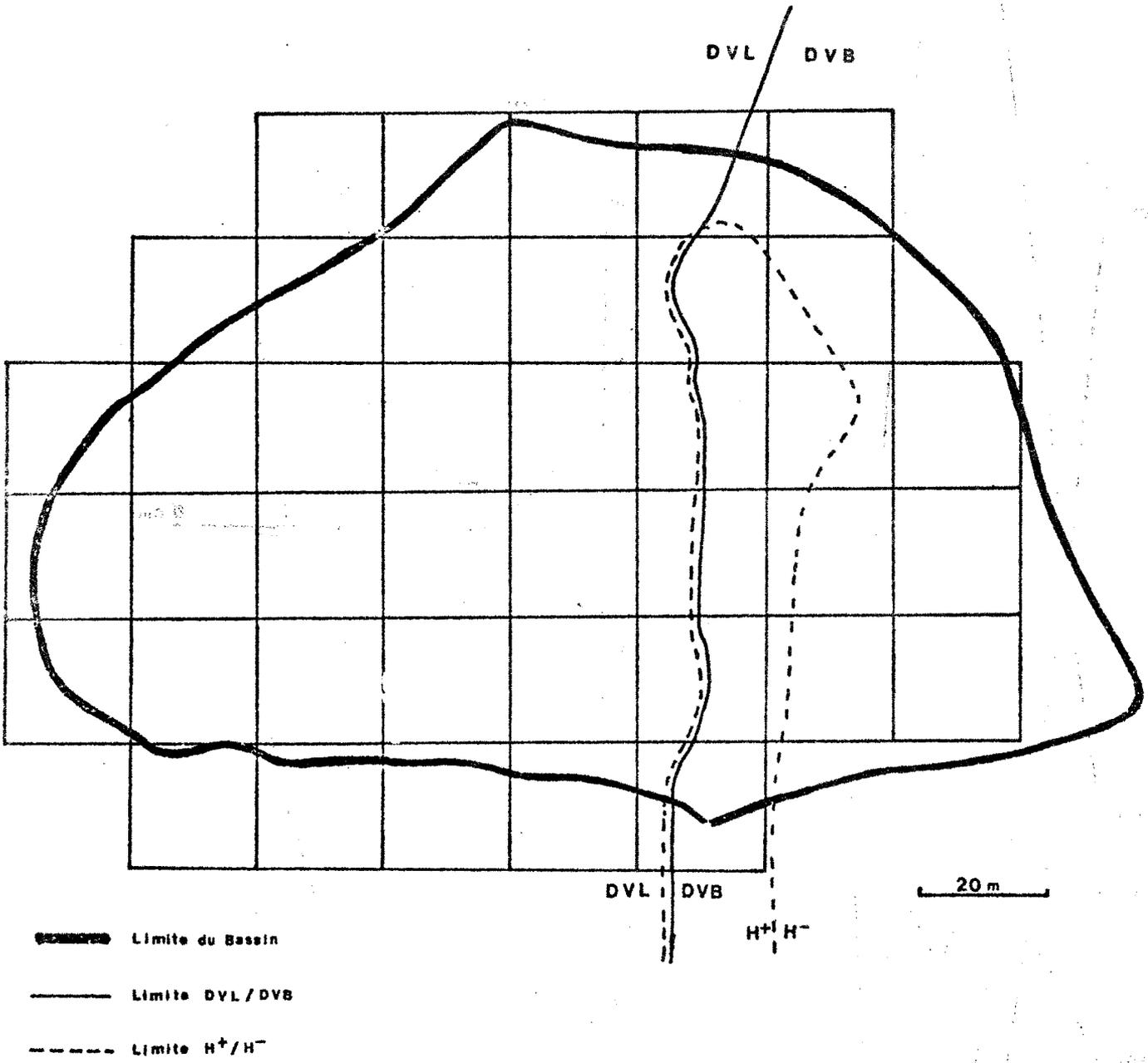
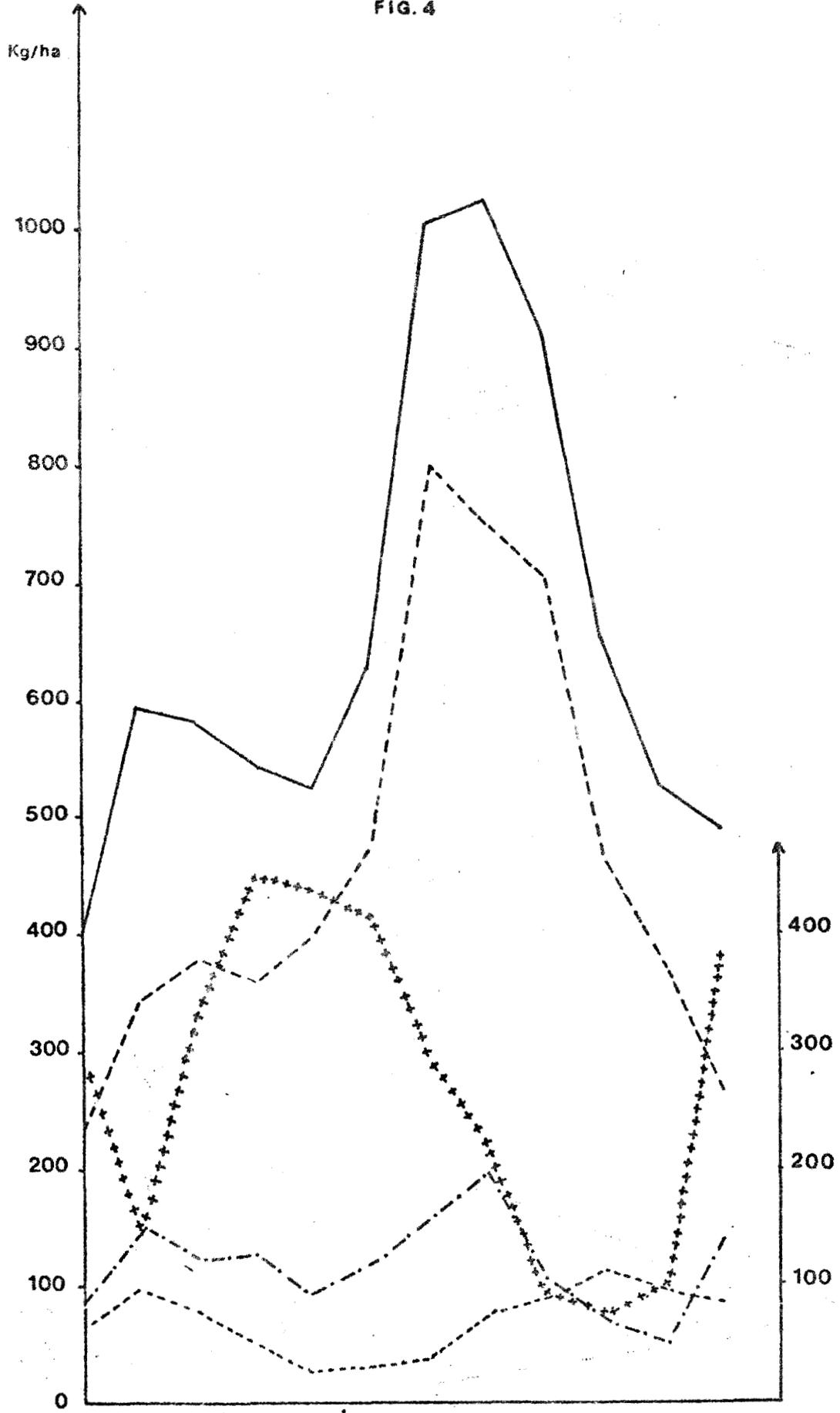


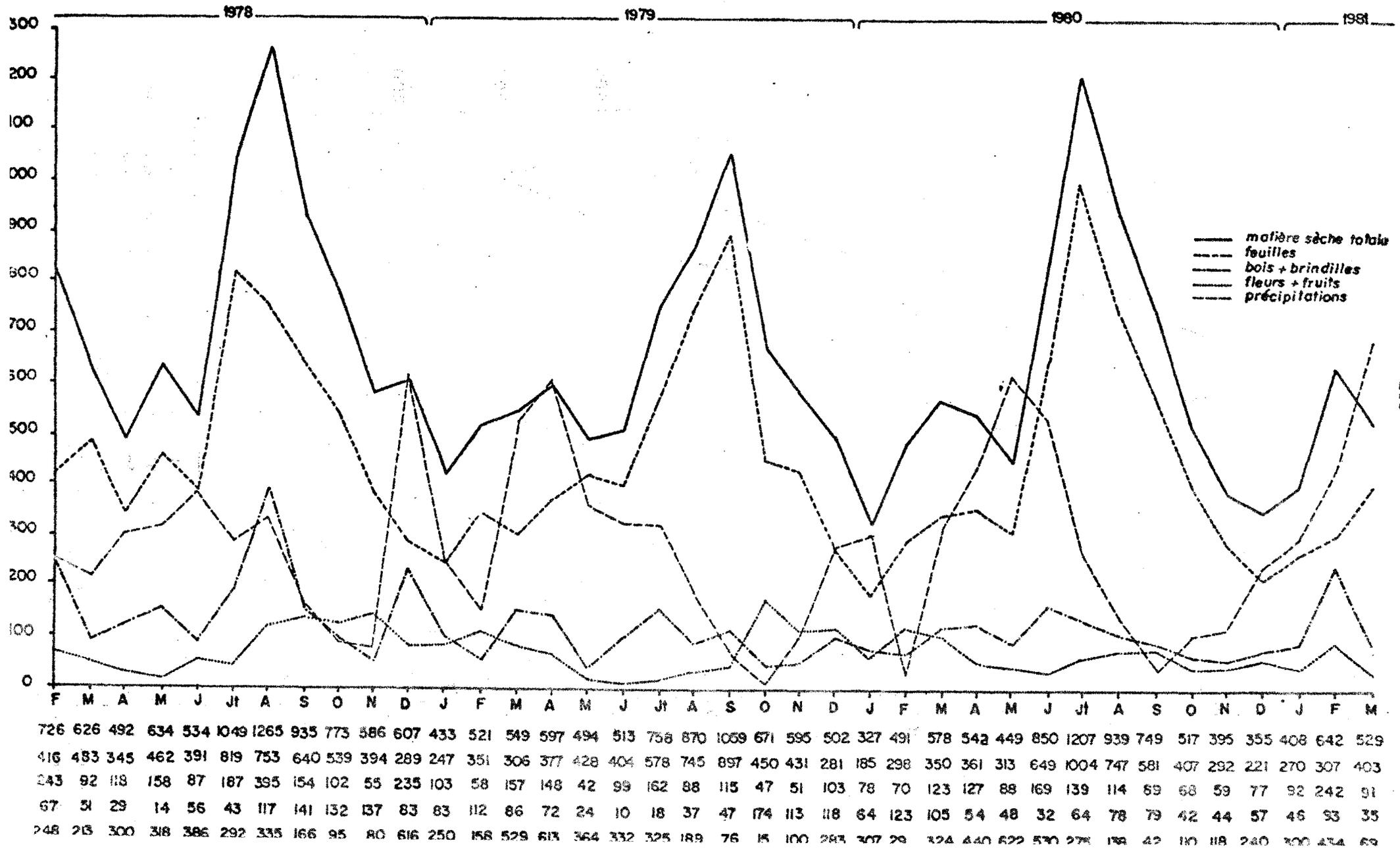
FIG. 3

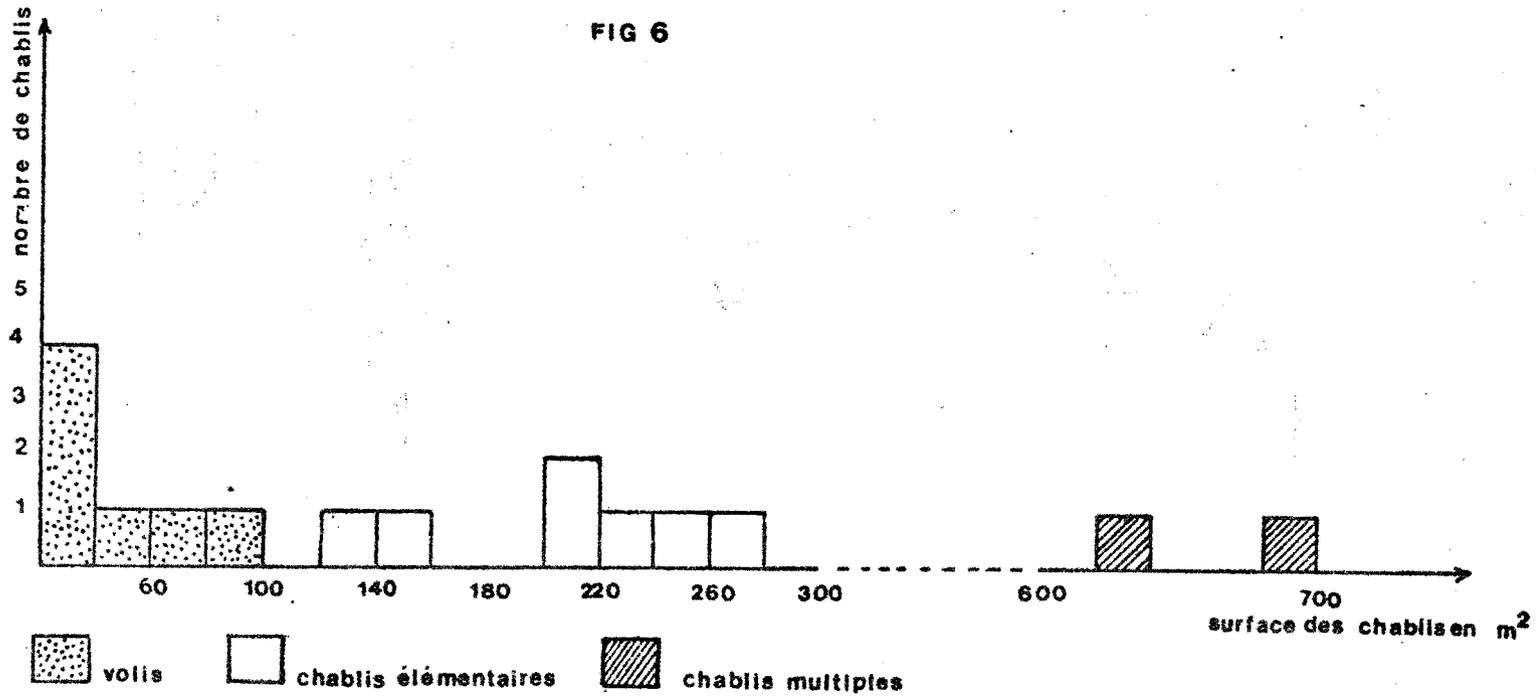
FIG. 4



	J	F	M	A	M	J	J <sup>l</sup>	A	S	O	N	D	
----- Matière totale	390	596	585	548	526	632	1005	1025	915	654	526	487	7887
----- Feuilles	234	343	389	361	400	481	801	748	706	465	373	264	5565
----- Bois	91	153	124	131	96	118	162	199	119	72,5	55	138	1458,5
..... Fleurs + Fruits	64	99	80,5	51,5	28,5	32,5	41	77	89	116	98	85,5	862,5
+++++ précipitations	291	144	365	451	434	416	298	221	94	73	99	379	3265

FIG. 5

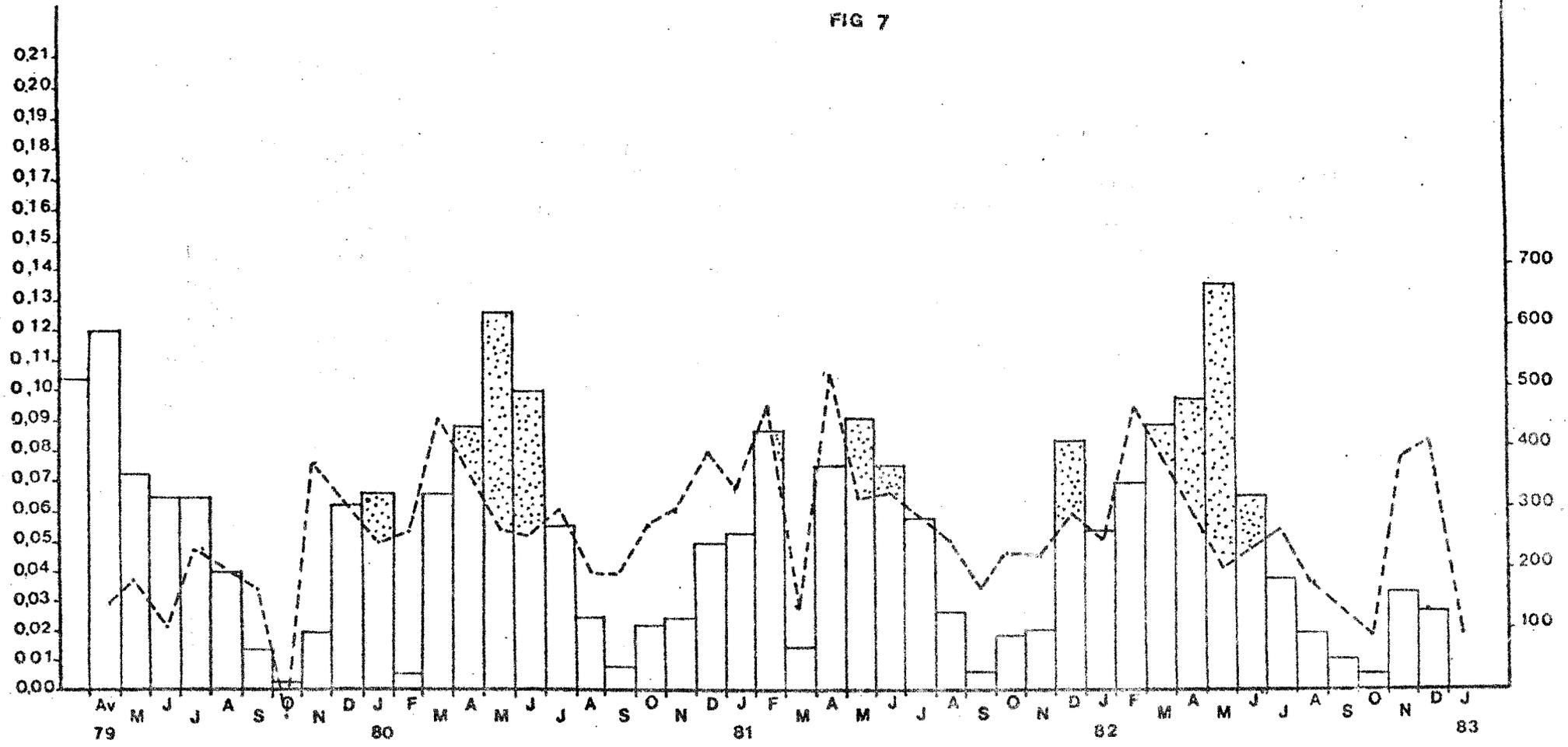




% accroiss. mens.

Pmm

FIG 7



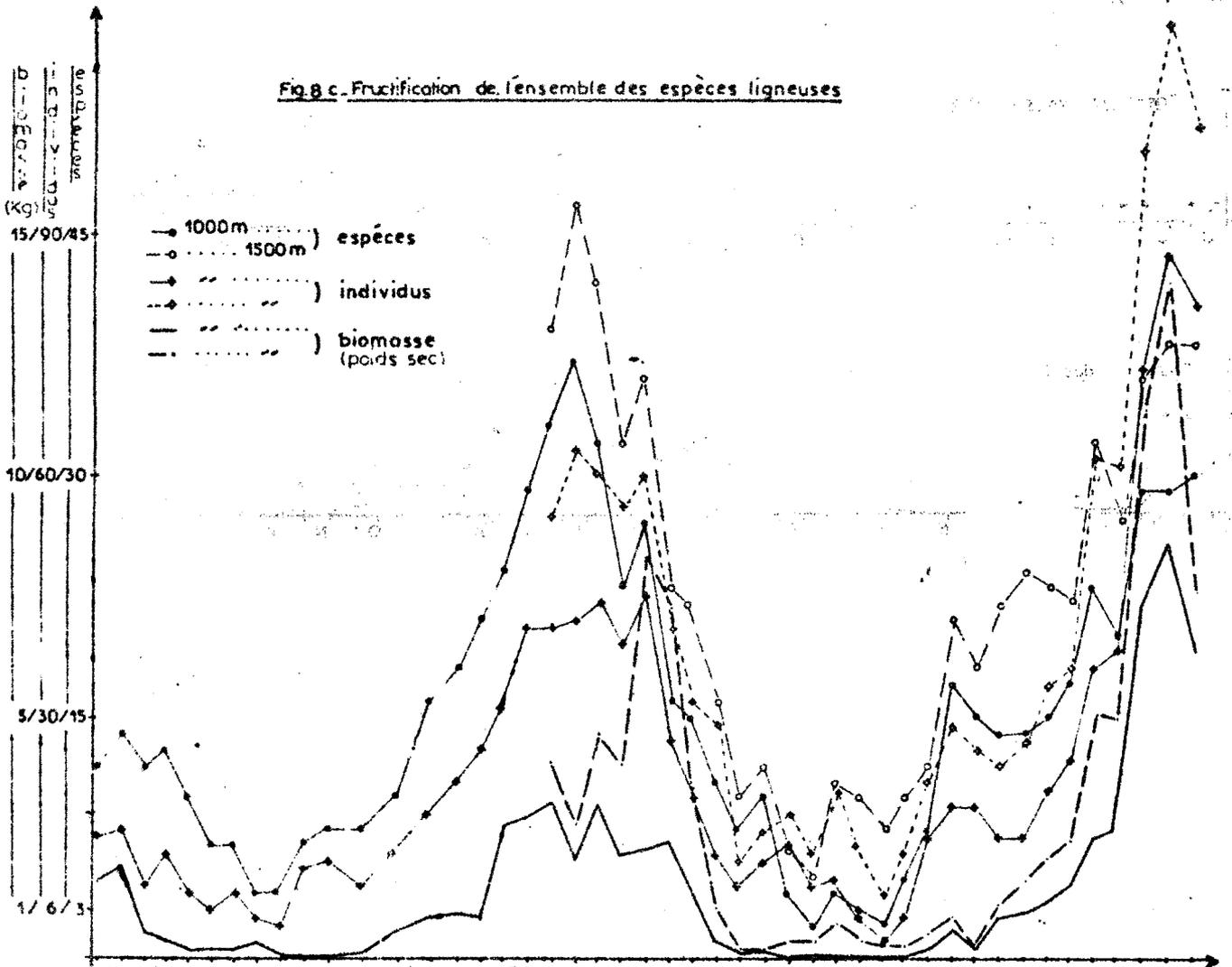
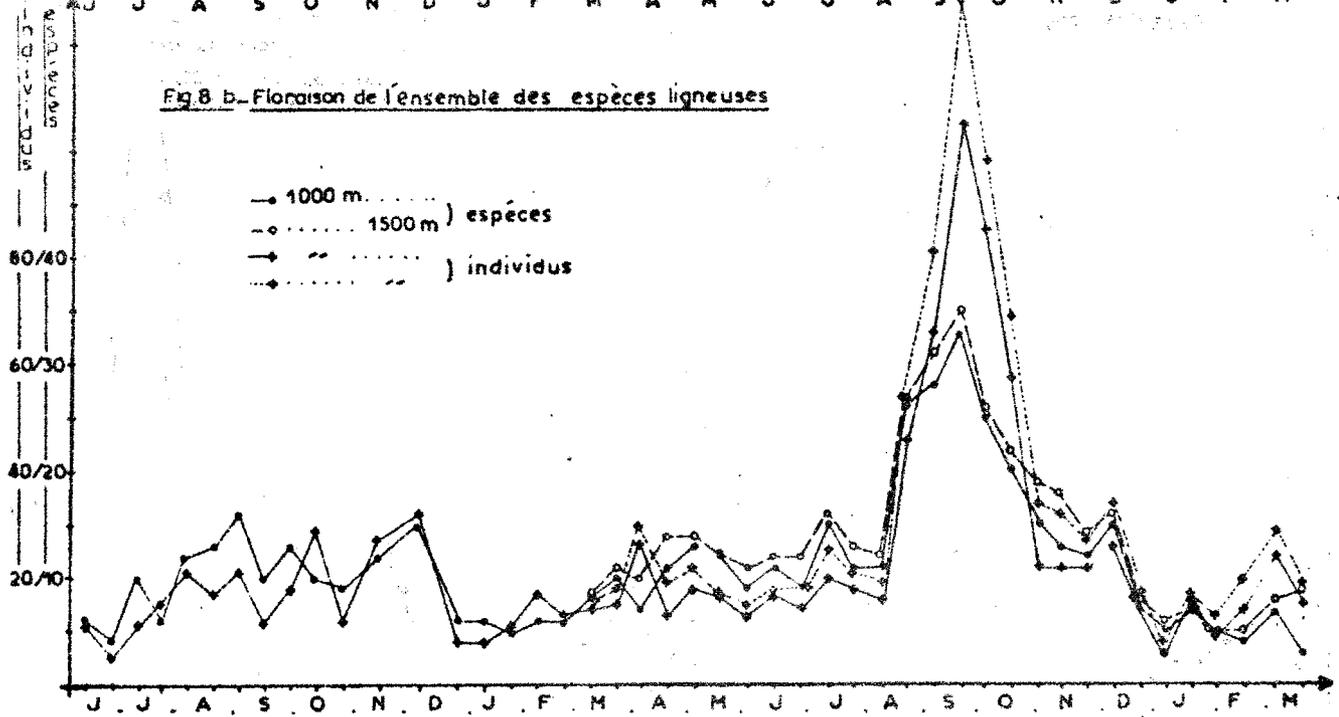
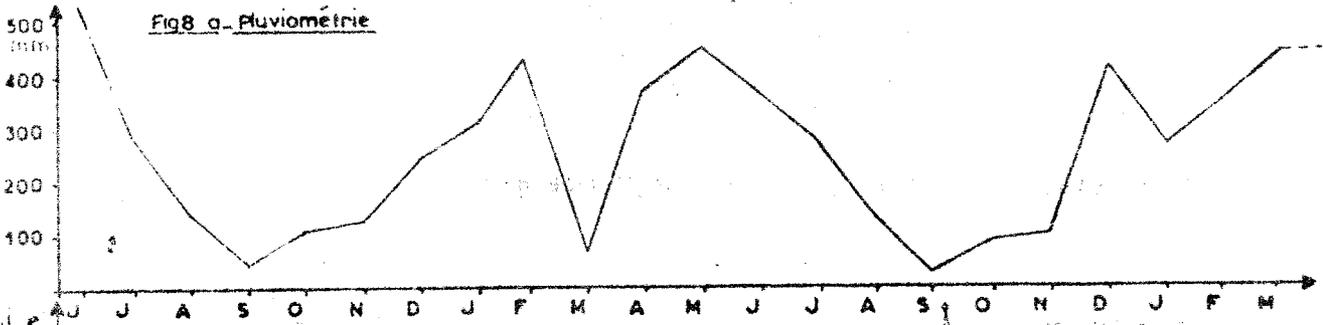


FIG 9

Fig9 -SAISONALITE DE LA FRUCTIFICATION ET TYPE BIOLOGIQUE

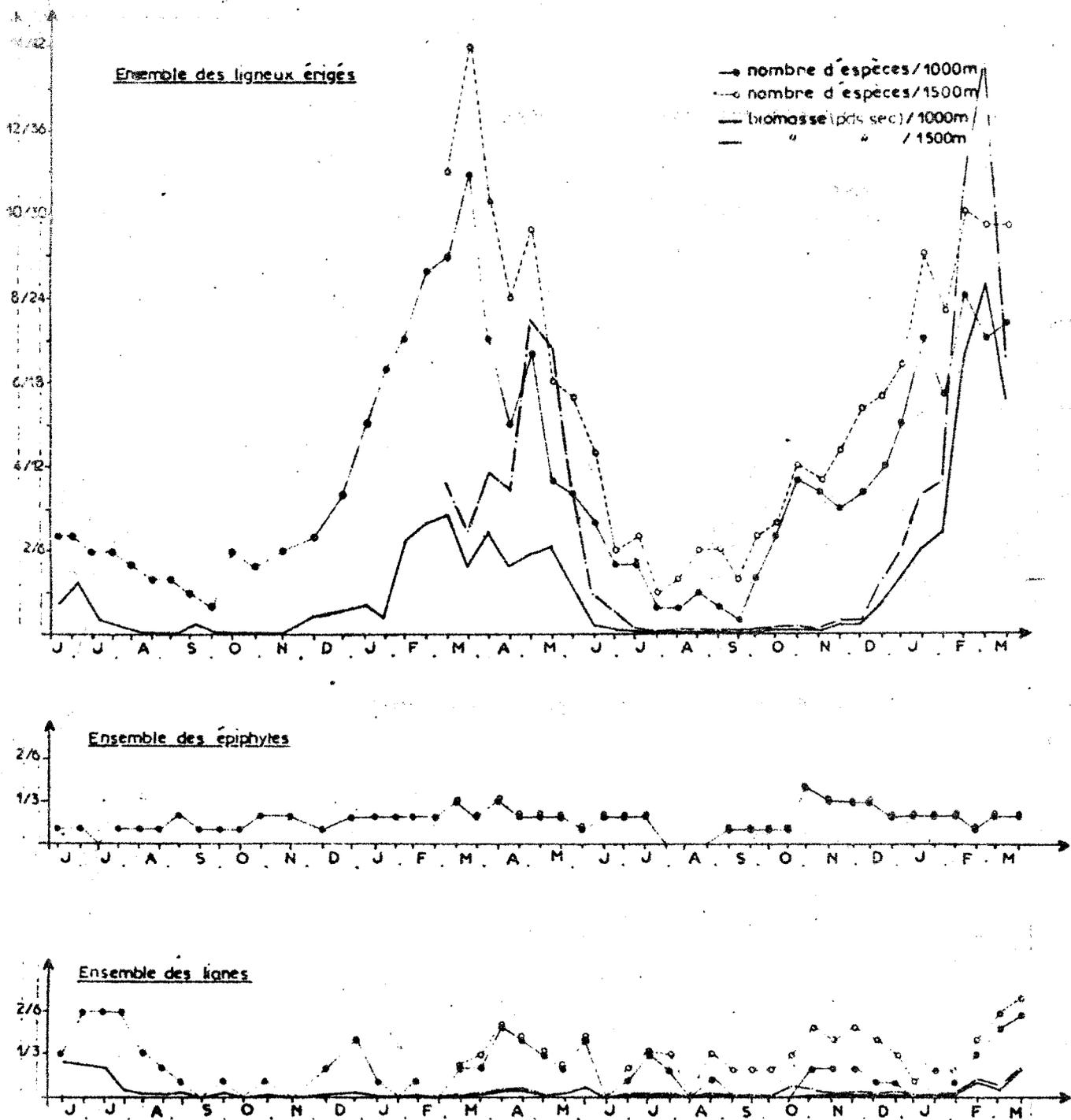


FIG 10 FRUCTIFICATION ET CLASSES DE DIAMETRE CHEZ LES LIGNEUX ERIGES

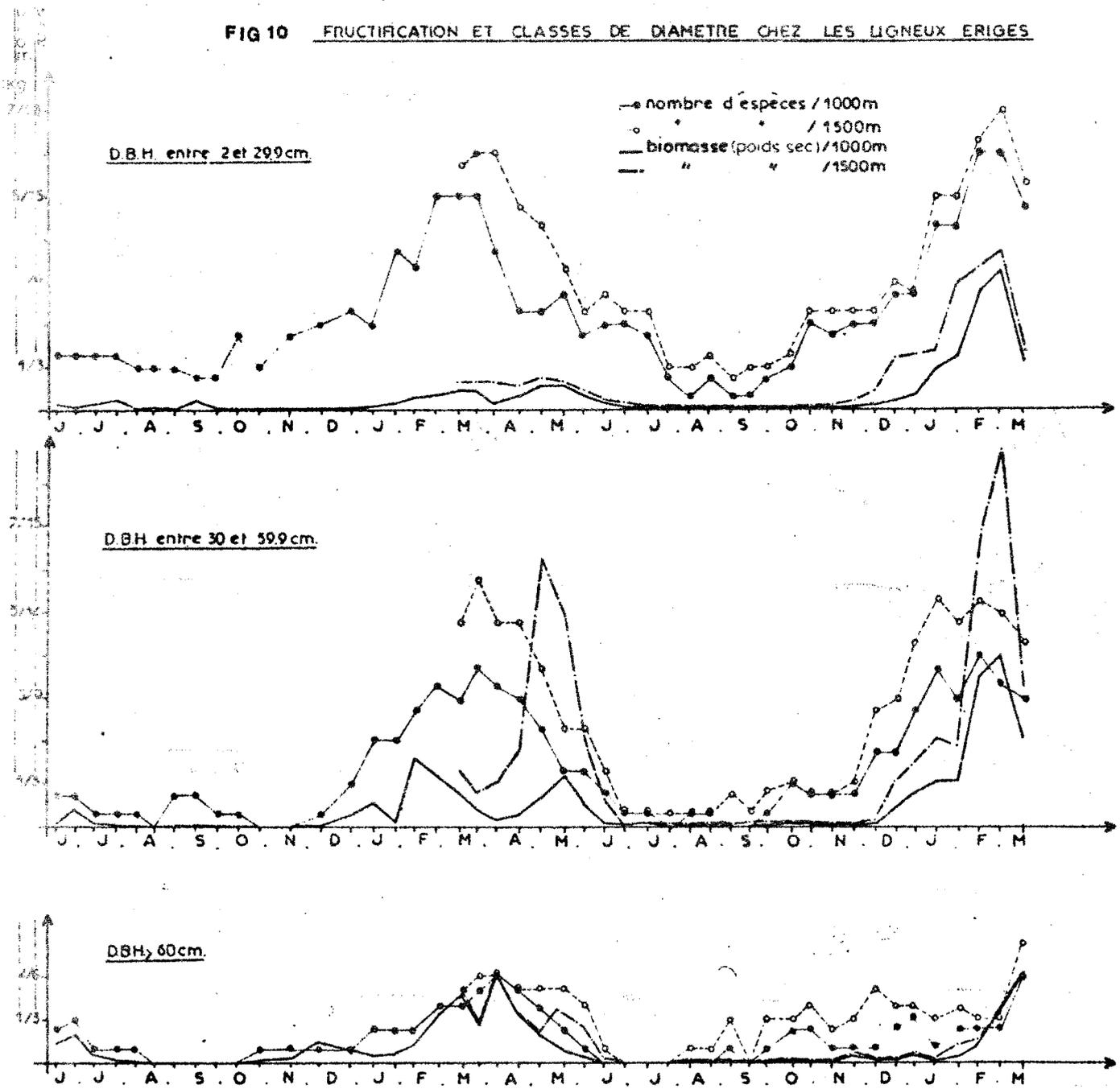
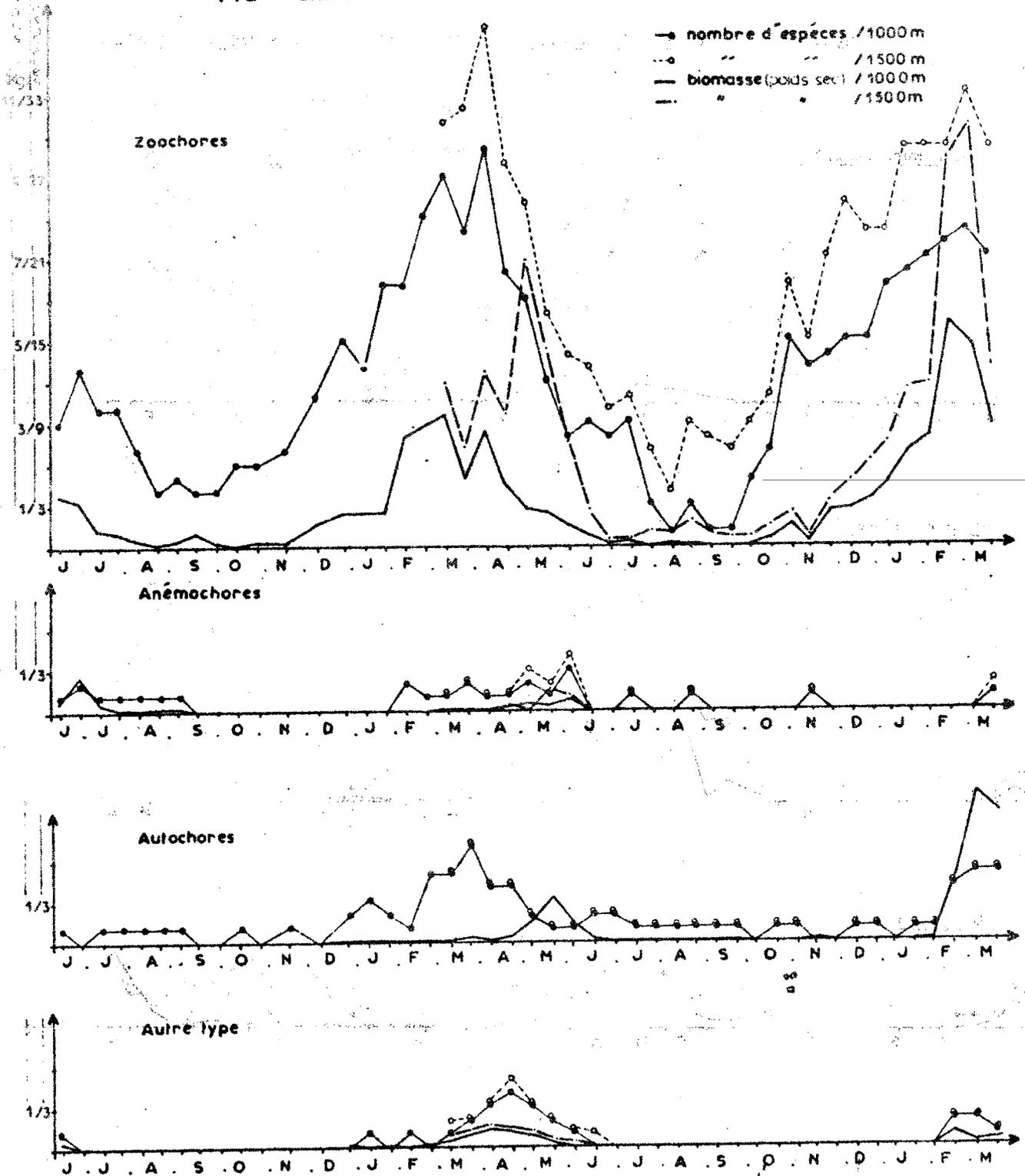


FIG 11 FRUCTIFICATION ET TYPE DE DISSEMINATION (ensemble des espèces)



BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDRE D.Y., 1980 - Rythme de la fructification en forêt de Taï. *Terre et Vie*, 34 : 335-350.
- AUBREVILLE R., 1961 - Aperçus sur la forêt de la Guyane française. *Bois et forêts des tropiques*, 80 : 3-11.
- BENA P., 1960 - Essences forestières de Guyane. Imprimerie Nationale, Paris.
- BOULET R., 1978 - Existence de systèmes à forte différenciation latérale en milieu ferrallitique guyanais : un nouvel exemple de couvertures pédologiques en déséquilibre. *Science du Sol*, 2 : 75-82.
- BOULET R. ; FRITSCH E. ; HUMBEL F.X., 1978 - Méthode d'étude et de représentation des couvertures pédologiques de Guyane française. ORSTOM, Cayenne, Multigr., 24 p.
- BOULET R. ; BRUGIERE J.M. ; HUMBEL F.X., 1979 - Relation entre organisation des sols et dynamique de l'eau en Guyane française septentrionale. Conséquences agronomiques d'une évolution déterminée par un déséquilibre d'origine principalement tectonique. *Science du Sol*, 1 : 3-18.
- BROKAW N.V.L., (à paraître) - Tree falls : frequency, timing and consequences in : E.G. LEIGH Jr. ; D.M. WINDSOR et A.S. RAND eds. *The ecology of a tropical forest*, Smithsonian Institution Press, Washington D.C.
- BURGER W.C., 1974 - Flowering periodicity at four altitudinal levels in eastern Ethiopia. *Biotropica*, 6 (1) : 38-42.
- DAVIS T.A.W. ; RICHARDS P.W., 1983 - The vegetation of Moraballi creek, British Guiana : an ecological study of a limited area of tropical rain forest. Part I : *J. Ecol.* 21 (2) : 350-384. Part II : *J. Ecol.* 22 (1) : 106-155.
- FOSTER R., 1973 - Seasonality of fruit production and seed fall in a tropical forest ecosystem in Panama. Ph. D. Thesis Duke University Durham N.C.
- FRANKIE G.W. ; BAKER H.G. ; OPLER P.A., 1974 - Comparative phenological studies of trees in tropical lowland wet and dry forest sites of Costa Rica. *J. Ecol.*, 62 : 881-919.
- GUEHL J.M., 1981 - Etude in situ de la dynamique de l'eau dans le sol sous forêt primaire. Influence de la couverture pédologique sur quelques caractéristiques du drainage vertical. *Ecerex, Bull. de liaison*, ORSTOM, Cayenne, 4 : 52-60.
- GUIRAUD A. ; SARRAILH J.M., 1980 - Inventaire forestier réalisé sur les bassins de l'opération ECEREX. Rap. multigr. C.T.F.T., Kourou, 33 p.
- HARTSHORN G.S., 1978 - Tree falls and tropical forest dynamics, p. 617-638 in : P.B. TOMLINSON and M.H. ZIMMERMAN eds, *Tropical trees as living systems*. Cambridge University Press.

- HILTY S.L., 1980 - Flowering and fruiting in a Premontane rain-forest in Pacific Columbia. Biotropica, 12 (4) : 292-306.
- HOLTUM R.E., 1940 - Periodic leaf change and flowering and fruiting of trees in Singapore. Gardens Bull. Singapore, 11 : 119-175.
- HUMBEL F.X., 1978 - Caractérisations par des mesures physiques, hydriques et d'enracinement, de sols de Guyane française à dynamique de l'eau superficielle. Science du Sol, 2 : 83-92.
- JACKSON J.F., 1978 - Seasonality of flowering and leaf-fall in a Brazilian subtropical lower montane moist forest. Biotropica, 10 : 38-42.
- JACKSON J.F., 1981 - Seed size as a correlate of temporal and spatial patterns of seed fall in a Neotropical forest. Biotropica, 13 (2) : 121-130.
- KLINGE H. ; RODRIGUES W.A., 1973 - Biomass estimation in a central Amazonian rain forest. Acta Cient. Venezuelana, 24 : 225-237.
- KLINGE H. ; RODRIGUES W.A., 1974 - Phytomass estimation in a central amazonian rain forest. In : IUFRO, Biomass studies (H.E. YOUNG es.) Univ. Press, Orono, Maine : 339-350.
- KLINGE H. ; RODRIGUES W.A. ; BRUNIG E. ; FITTKAU E., 1975 - Biomass and structure in a central Amazonian rain forest in : Ecological studies vol. II. Tropical Ecological Systems : 115-121.
- KOELMEYER K.O., 1959 - Flowering in the principal forest communities of Ceylon. The Ceylon forester, IV (2) : 157-189.
- KOELMEYER K.O., 1960 - The periodicity of leaf change and flowering in the principal forest communities of Ceylon. The Ceylon forest. IV (4) : 308-364.
- LAUDELOUT H. ; MEYER J., 1954 - Les cycles d'éléments minéraux et de matière organique en forêt équatoriale congolaise. 5° Congr. Int. Sci. Sol., 2 : 267-172.
- LEMEE et al., 1975 - Recherches sur l'écosystème de la forêt sub-équatoriale de basse Côte d'Ivoire. La Terre et la Vie, 29 : 169-264.
- LESCURE J.P., 1981 - La végétation et la flore dans la région de la piste de Saint Elie, Guyane française. Ecerex, Bull. de liaison, ORSTOM, Cayenne, 3 : 4-24.
- LESCURE J.P. ; PUIG H. ; RIERA B. ; LECLERC D. ; BEECKMAN F. ; BENETEAU A. ; 1983 - La phytomasse épigée d'une forêt dense en Guyane française. Acta Oecol., Oecol. Généralis, Vol. 4, t. 3 : 237-251.
- LESCURE J.P. ; BOULET R., (sous presse) - Relationships between soil and vegetation in a tropical rain forest in French Guiana. In : Biotropica.

- LIEBERMAN D., 1982 - Seasonality and phenology in a dry tropical forest in Ghana. J. of Ecology, 70 (3) : 791-806.
- Mac CLURE H.E., 1966 - Flowering, fruiting and animals in the canopy of a tropical rain forest. Malay forester, 29 : 182-203.
- MEDWAY L., 1972 - Phenology of a tropical rain forest in Malaya. Biol. J. Linn. Soc., 4 : 117-146.
- MILTON K. ; WINDSOR D.M. ; MORRISON W. ; ESTRIBI M.A., 1982 - Fruiting phenologies of two Neotropical Ficus species. Ecology, 63 (3) : 752-762.
- NYE P.H., 1961 - Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest Plant and soil, 13 (4) : 333-346.
- OHLER F.M.J., 1980 - Phytomass and mineral content in untouched forest. CELOS raporten n° 132. Univ. van Suriname, 43 p.
- OLDEMAN R.A.A., 1974 - L'architecture de la forêt guyanaise. Mem. ORSTOM, n° 74. ORSTOM Paris, 204 p.
- OLSON J.S., 1963 - Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. Ecology, 44 : 322-331.
- PUIG H., 1979 - Production de litière en forêt guyanaise : résultats préliminaires. Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse, T 115 (3-4) : 106-113.
- PUIG H. ; PREVOST M.F., 1983 - Périodicité de l'accroissement chez quelques arbres de Guyane. Mémoires du Muséum (sous presse).
- PUTZ F.E., 1979 - Aseasonality in Malaysian tree phenology. Malaysian forester, vol. 42, n° 1.
- RICHARDS P.W., 1952 - The tropical rain forest. Cambridge Univ. Press : 450 p.
- RIERA B., 1983 - A propos des chablis en forêt guyanaise, Piste de Saint Elie. Mémoires du Muséum (sous presse).
- SABATIER D. ; PUIG H., 1983 - Phénologie et saisonnalité de la floraison et de la fructification en forêt dense guyanaise. Mémoires du Muséum (sous presse).
- SABATIER D., 1983 - Fructification et dissémination en forêt guyanaise. L'exemple de quelques espèces ligneuses. Thèse du 3ème cycle, U.S.T.L., Montpellier, 238 p.
- SCHULZ J.P., 1960 - Ecological studies on rain forest in northern Suriname. Verhand. Kon. Ned. Akad. Wetensch. Afd. Natuurk.; Ser. 2 : 53 (1) : 1-267.

- SMYTHE N., 1970 - Relationships between fruiting seasons and seed dispersal methods in a neotropical forest. Amer. Naturalist, 104 (935) : 25-36.
- SNOW D.W., 1966 - A possible selective factor in the evolution of fruiting seasons in a tropical forest. Oikos, 15 : 274-281.
- TORQUABIAU M., 1981 - Analyse architecturale de la forêt de los Tuxtlas (Veracruz), Mexique. Thèse de 3° cycle, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 185 p.

SAISONALITE DE LA FRUCTIFICATION EN FORET GUYANAISE

-o-

SABATIER D.

ORSTOM - Cayenne

-||--||---||--||-

Cette étude a été menée dans le cadre du programme ECEREX à la station "Piste de Saint-Elie", de juin 1980 à avril 1982.

Méthode : récolte des fleurs et fruits sur un dispositif de layons balayés de 1000 mètres durant la première année et de 1500 mètres la seconde.

1. - SAISONALITE

Le résultat d'ensemble (fig. 1) confirme ce qui a été montré pour les forêts tropicales déjà étudiées, à savoir : une saisonnalité marquée.

N.B. : La figure 1 prend en compte l'ensemble des espèces en fleurs et l'ensemble des espèces en fruits plus les graines récoltées sur 1000 mètres et non pas uniquement les productions des individus à la verticale du layon.

2. - SYNCHRONISATION AVEC LE CLIMAT

On constate aisément que l'amplitude maximale de floraison est centrée sur la saison sèche alors que la fructification est centrée sur la période pluvieuse. Ce cas de figure qui se rencontre dans la plupart des forêts étudiées à ce jour dans la zone tropicale humide, n'est pas pour autant une constante, (voir fig. 2) (données d'ALEXANDRE, 1980 en forêt de Taï Côte d'Ivoire) où le synchronisme fructification-pluviométrie, est inverse.

3. - AMPLITUDE DES PHENOMENES SAISONNIERS

Sur la figure 1, nous pouvons remarquer que l'amplitude maximale est bien plus forte pour la fructification que pour la floraison. L'équitabilité (tableau 1, figure 1) du nombre d'espèces en fleurs ou en fruits au cours des premier et deuxième cycles d'observation, montre que cette différence est plus marquée au cours du premier cycle. Sur ce même tableau, notons l'équitabilité des productions de fruits en biomasse, bien plus faible que celle en nombre d'espèces, traduit une saisonnalité plus marquée encore.

On pourrait penser, et c'est ce qui est généralement admis, qu'une vague de floraison entraîne quelques mois plus tard (intervalle correspondant au délai de maturation moyen), une vague de fructifications.

La durée de la fructification étant, pour la plupart des espèces, plus longue que celle de la floraison, un certain chevauchement des productions de fruits entraînerait une amplitude saisonnière plus grande.

Nous pouvons montrer (fig. 3), par l'analyse de l'évolution des délais de maturation au cours des périodes précédant les pics de fructification, que ce phénomène n'est pas le seul en cause. En effet, à l'approche du pic de production fruitière, nous observons des délais de maturation de plus en plus courts, ce qui a pour conséquence un regroupement des fructifications bien plus important que celui des floraisons. De ce fait, le pic saisonnier du nombre d'espèces en fruits se produira même les années où la floraison n'accuse pas une saisonnalité marquée (voir premier cycle), ce n'est donc pas un simple phénomène passif, mais bien au contraire un processus qui doit avoir son déterminisme propre, ce qui jusqu'ici n'avait jamais été clairement prouvé.

#### 4. - COMPORTEMENTS PARTICULIERS

##### a) Comportement de relais

Il s'agit d'un modèle comparable à ce qui est décrit tout d'abord chez les Melastomaceae du genre Miconia d'Amérique centrale par SNOW (1965). Les fructifications de plusieurs espèces disséminées par un même agent consommateur-disséminateur, se succèdent dans le temps avec un minimum de lacunes et de chevauchements.

Nous avons observé ce phénomène (fig. 4) chez les Chrysobalanaceae, dont un grand nombre d'espèces ont des fruits consommés et disséminés par les chauves-souris. La juxtaposition des productions des arbres observés et des récoltes de noyaux disséminés par les Chéloptères qui prospectent une bien plus grande surface, montre un remarquable parallélisme qui tend à confirmer ce comportement au niveau des populations végétales concernées.

Il est intéressant de constater sur cette figure un gradient de délai de maturation inverse au gradient général vu figure 3.

L'originalité chez les Chrysobalanaceae, c'est la coexistence d'un tel processus et d'une phénologie de type irrégulier (c'est-à-dire ne fructifiant pas chaque année).

Cela n'évoque pas pour nous des pressions sélectives du type "maintien d'un niveau élevé des ressources alimentaires de l'agent disséminateur", hypothèse de SNOW, mais plutôt "concurrence pour un même agent disséminateur".

##### b) Comportement de fructification en masse

Ce terme est employé par JANZEN à propos des fructifications grégaires des Dipterocarpaceae asiatiques. Les espèces fructifient de façon synchrone sur un court laps de temps. Nous observons ce comportement chez les Lechythidaceae des genres Lechythis et Eschweilera (fig. 5) qui produisent toutes des fruits d'une remarquable homogénéité : capsules (pyxides) non colorées laissant échapper à la déhiscence de grosses graines riches en réserves et pourvu d'un funicule charnu de couleur blanche. Là encore, les espèces ont montré une phénologie irrégulière mais cela est typique de ce comportement.

Selon JANZEN, le déterminisme, ou autrement dit les pressions de sélection qui président à l'établissement d'un tel phénomène, seraient du type "saturation de la capacité de destruction par les déprédateurs". Toutefois, une autre catégorie de pressions sélectives peut être invoquée : il s'agit du comportement de mise en réserve sous forme de caches dispersées, que montrent les rongeurs caviomorphes forestiers (Acouchi, Myoprocta acouchi et Agouti, Dasyprocta agouti) dès lors qu'ils ont une nourriture excédentaire.

En conclusion, la saisonnalité de la fructification doit avoir un déterminisme propre indépendant de celui de la floraison. Mais s'il est d'origine climatique, pourquoi observe-t-on des synchronismes avec le climat si différent d'une forêt à l'autre, et s'il est biotique, il faut admettre que les pressions sélectives envisagées dans le cas des Lecythidaceae sont dominantes.

La question de la nature du déterminisme de ce phénomène de fructification saisonnière en forêt dense tropicale reste donc posée.

Fig. - 1 -

Saisonnalité de la floraison et de la fructification  
 en forêt guyanaise. (Piste de St'Elie juin 1980 - février 1982)

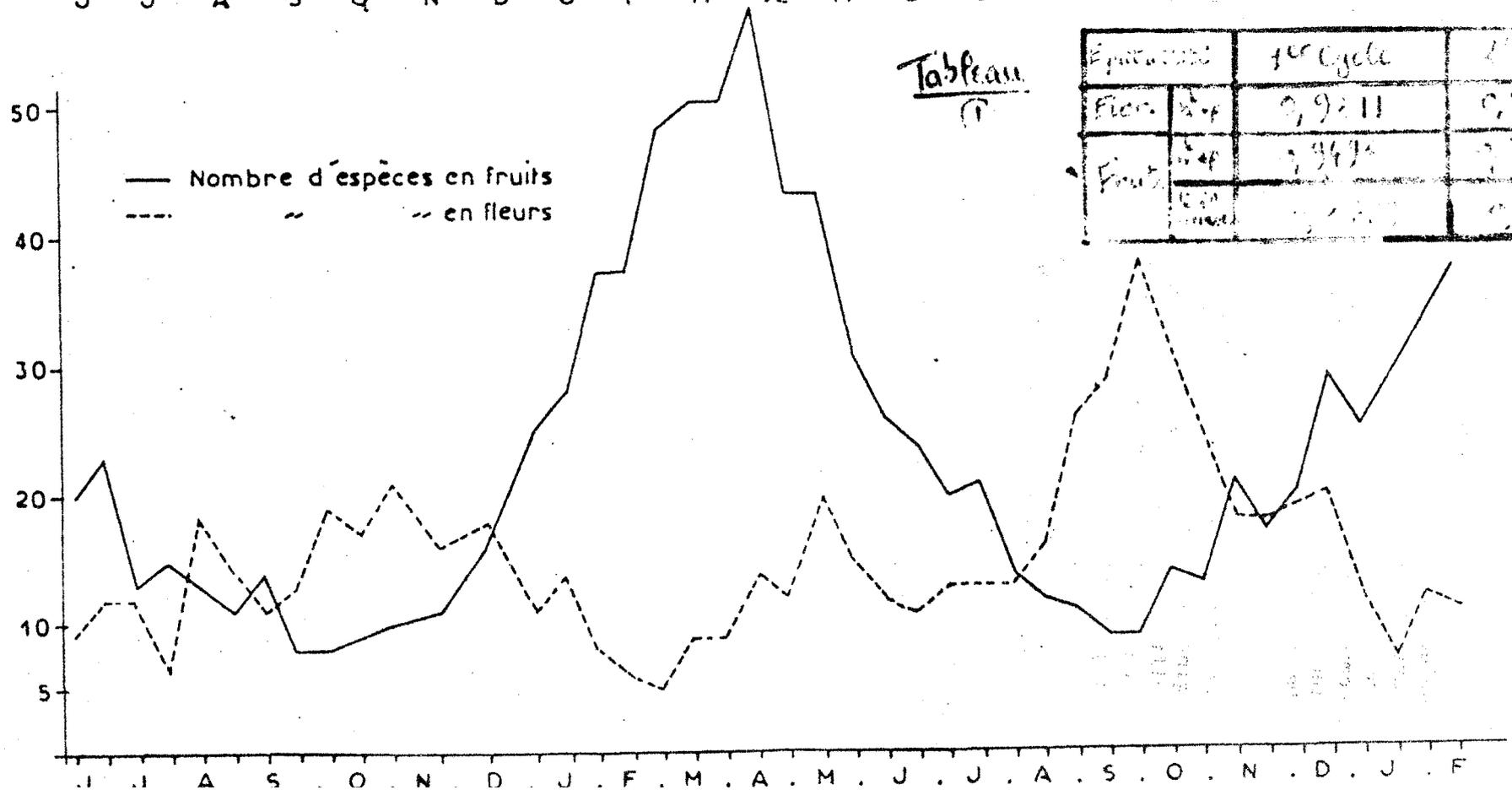
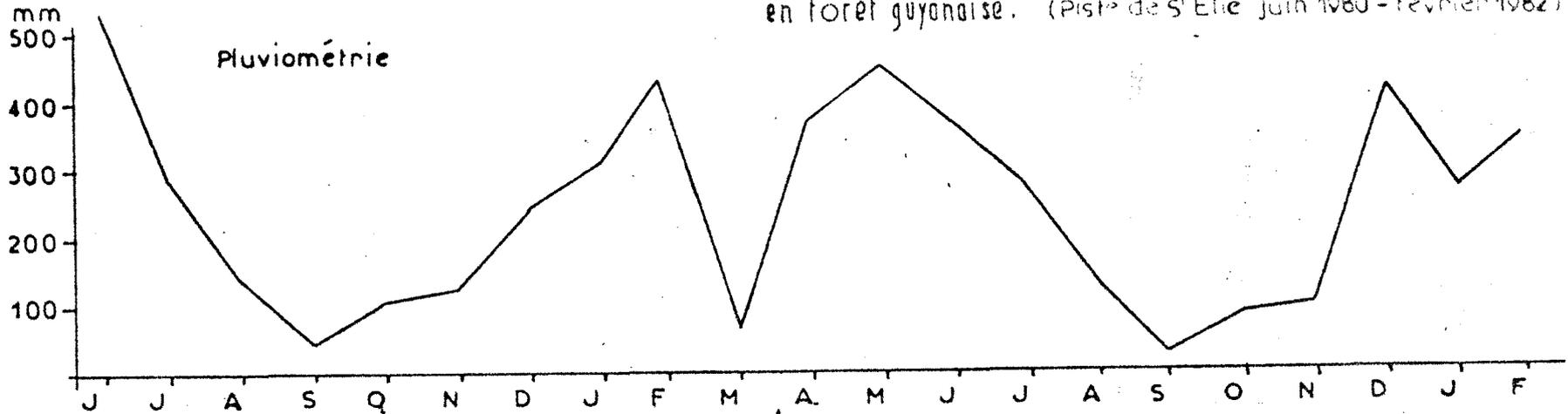


Tableau  
 (1)

Época		1 <sup>er</sup> Cycle	2 <sup>ème</sup> Cycle
Flor.	sp	0,9211	0,2616
Fruct.	sp	0,9494	0,2079
	sp	0,9211	0,2616

1 182

Fig. - 2 -

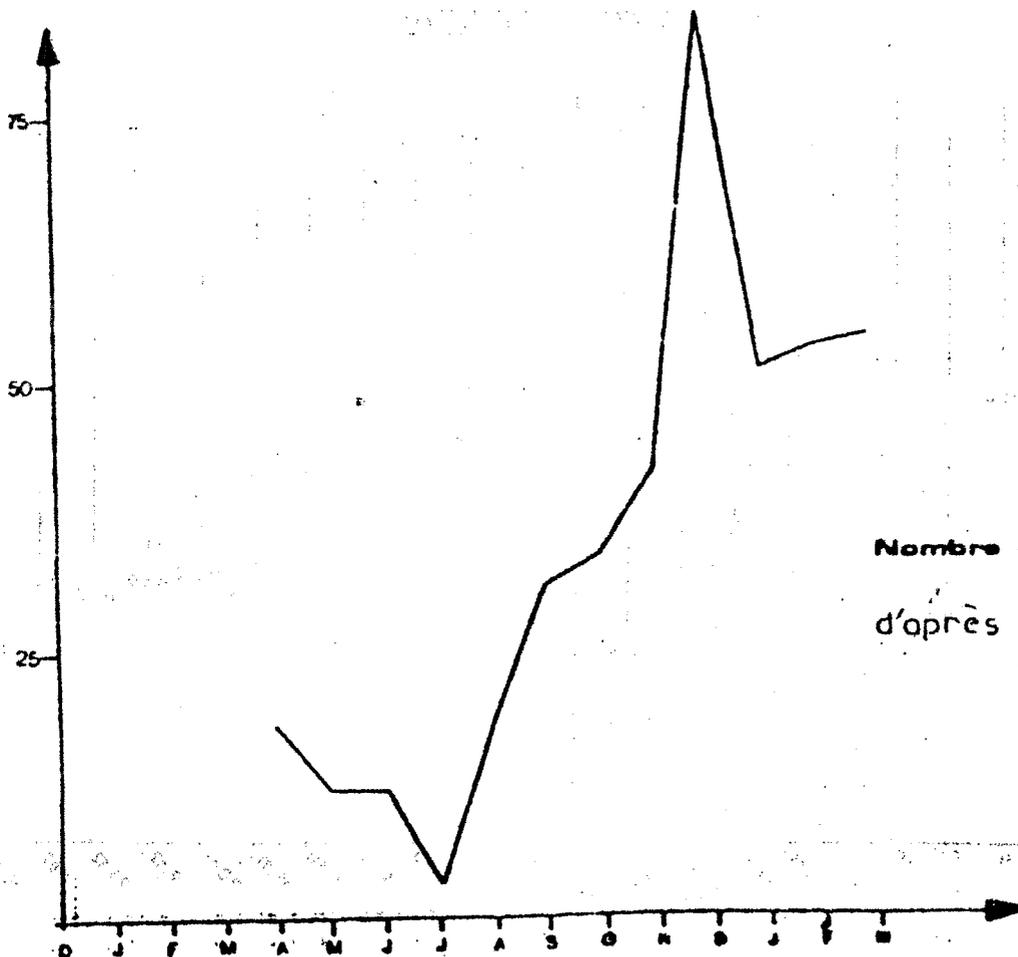
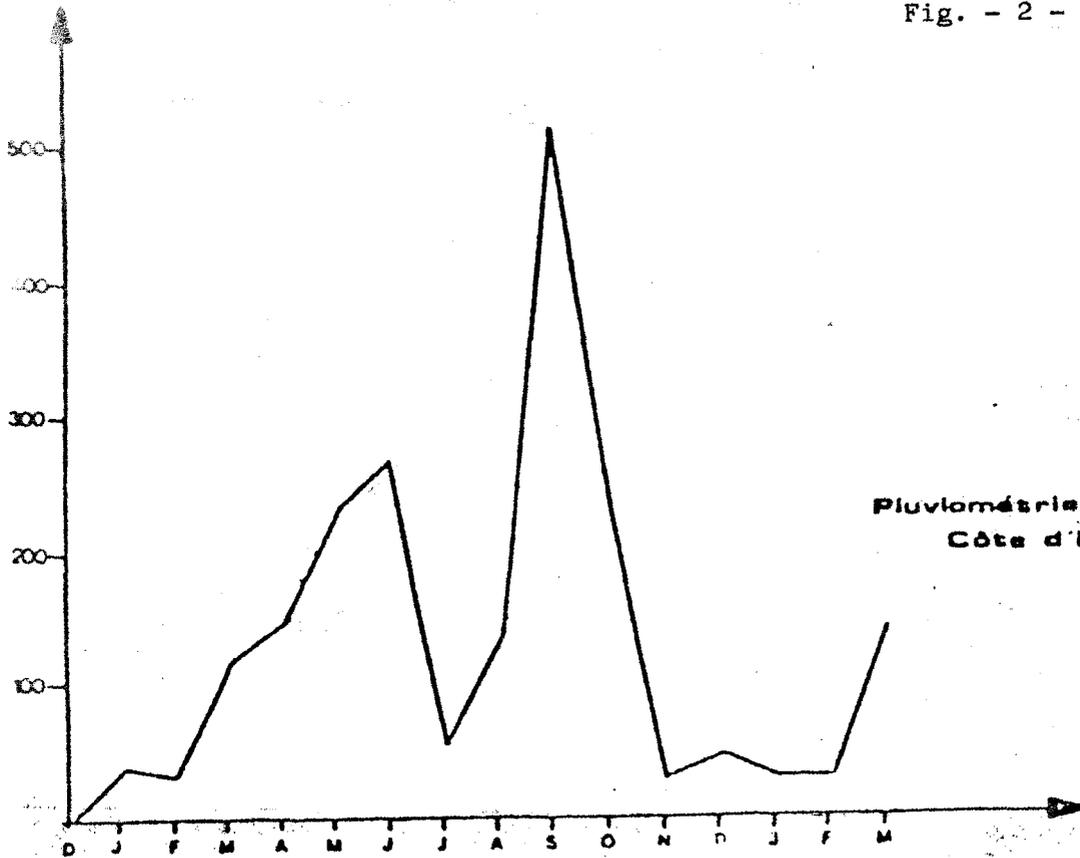
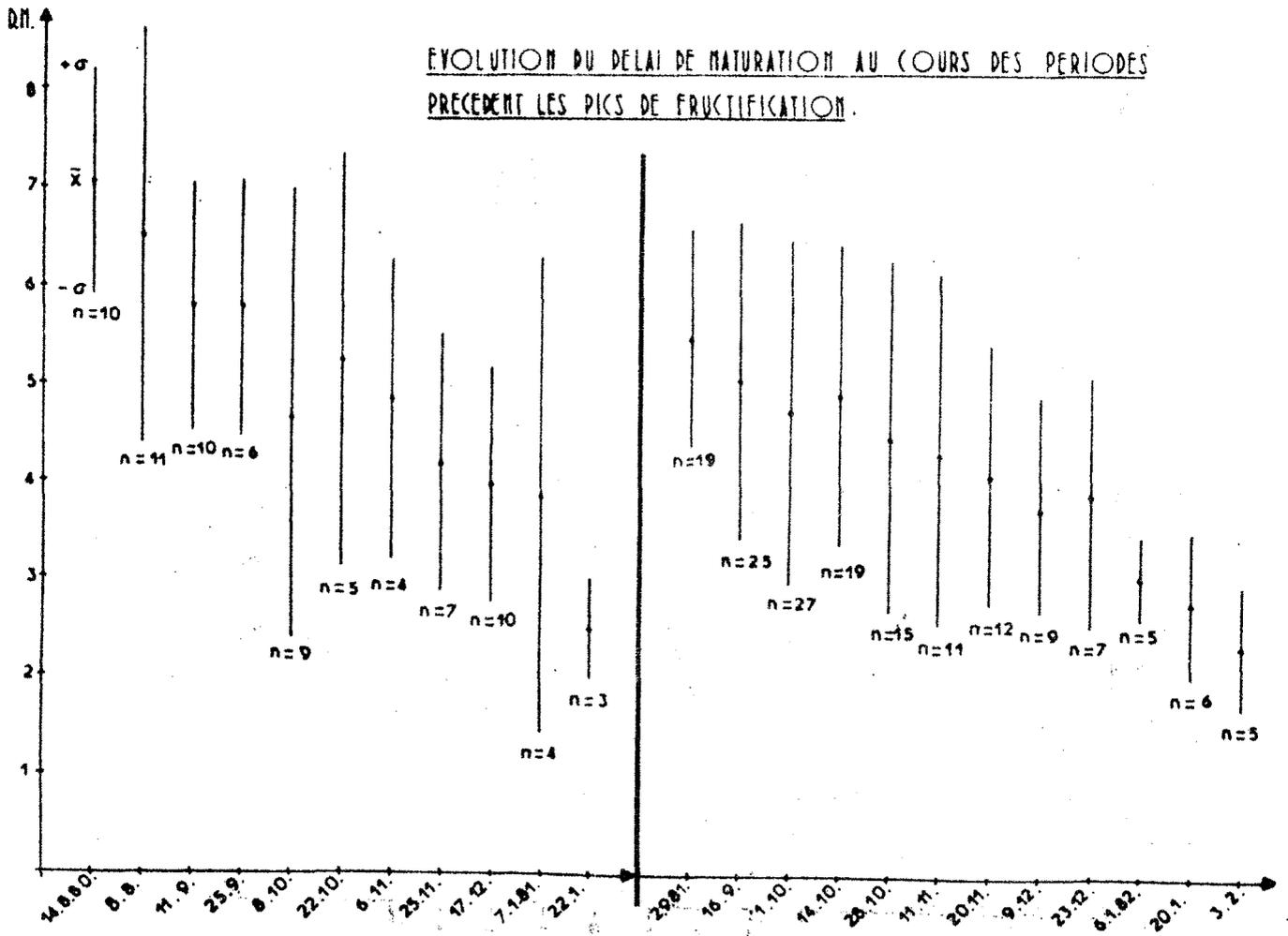
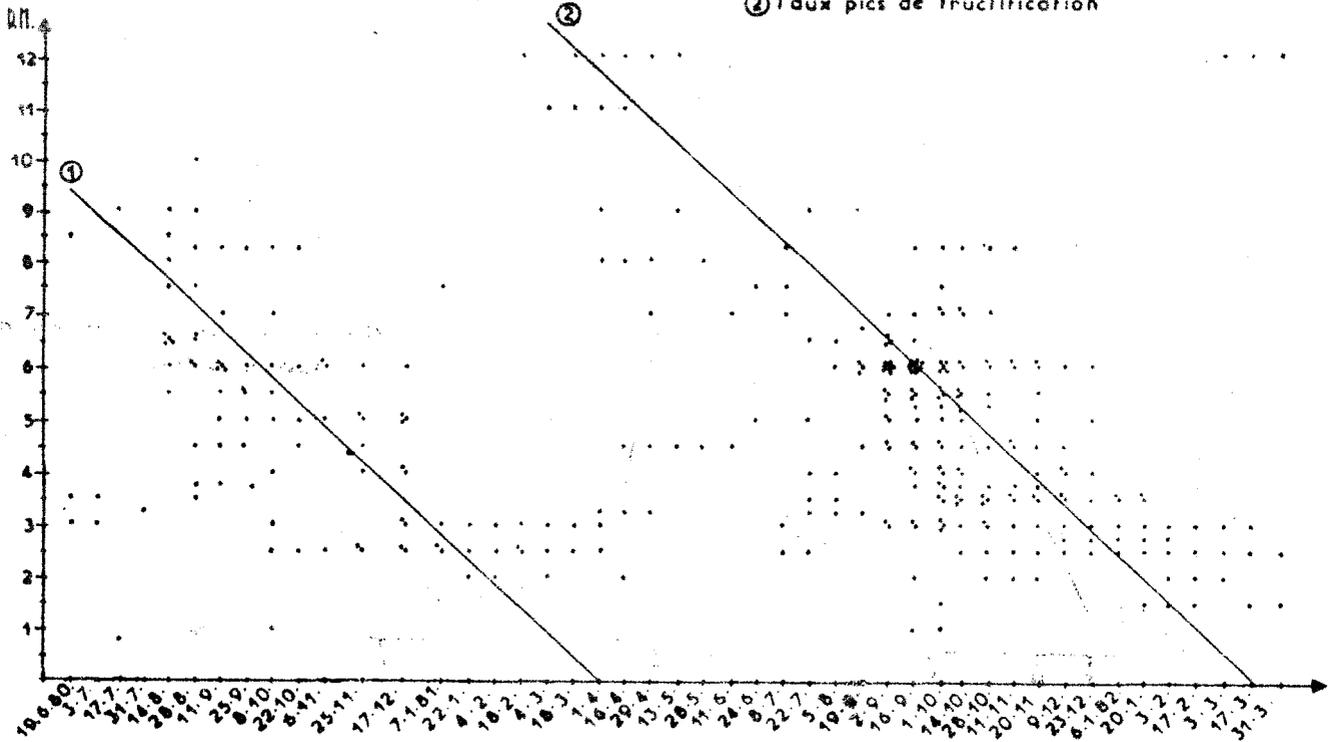


Fig. - 3 -

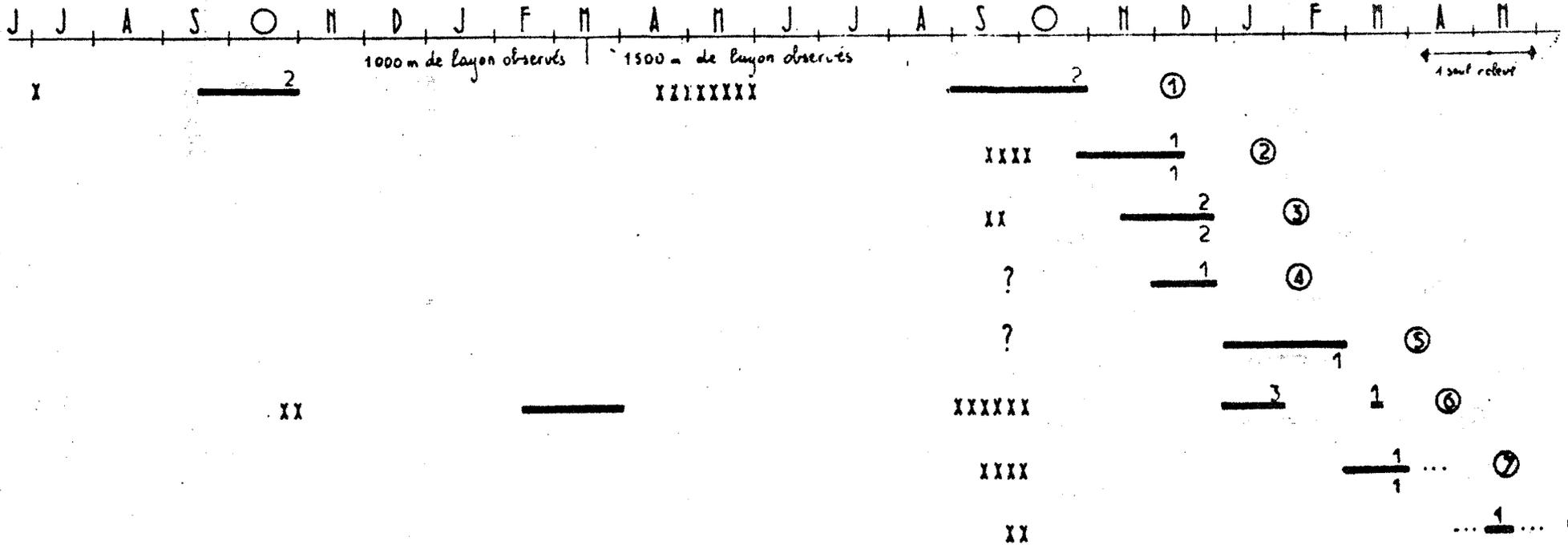
CORRELATION ENTRE DELAI DE MATURATION ET  
DATE DE FLORAISON.

- ① } Droites d'isomaturité correspondant
- ② } aux pics de fructification



Floraison fructification des Chrysobalanaceae dont les fruits sont consommés par les Chéiroptères en forêt guyanaise (Piste de St'Elie juin 1980 - février 1982)

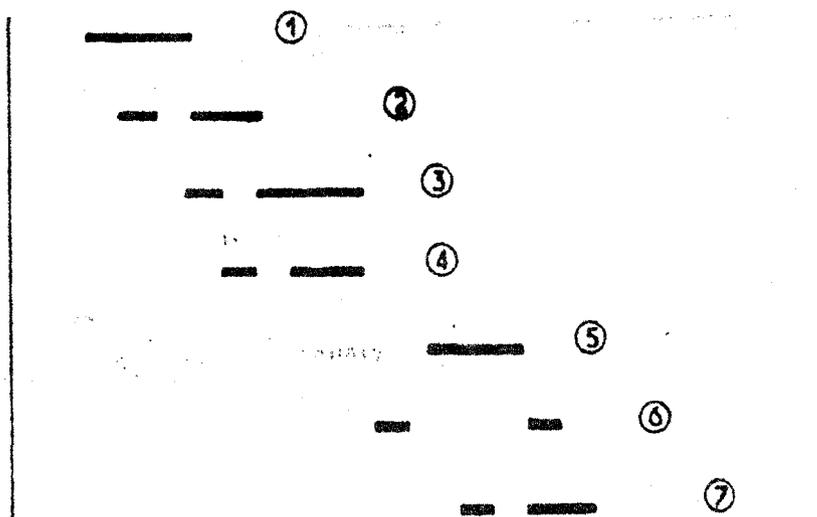
Fig. - 4 -



- ① *Couepia guianensis*
- ② *Licania latistipula*
- ③ " *heteromorpha*
- ④ " *hypoleuca*
- ⑤ " *canescens*
- ⑥ " *alba*
- ⑦ " cf *parviflora*
- ⑧ *Parinari campestris*

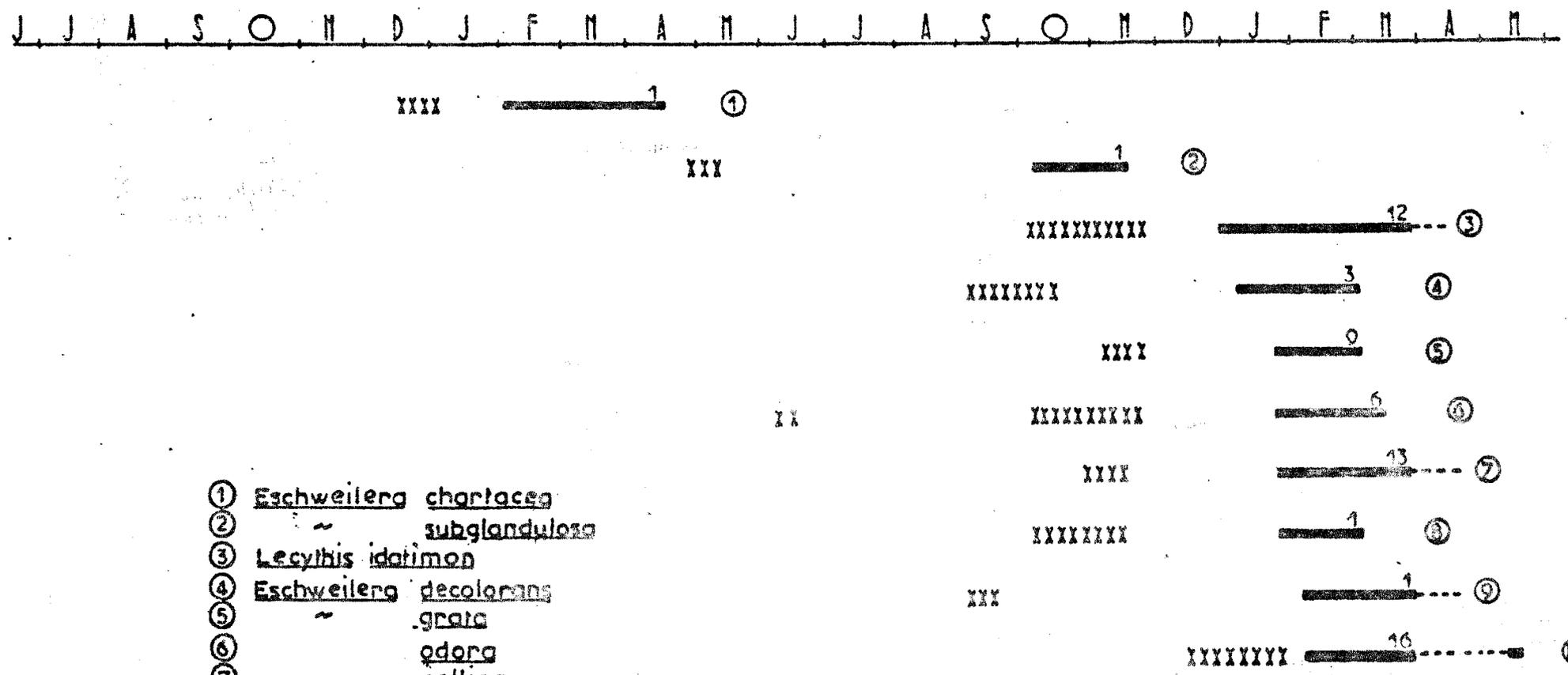
Fruits disséminés sur les layons par les chauves-souris

xx floraison  
 — fructification  
 — nombre d'individus en fruits  
 — observés hors layon



Floraison fructification des Lecithidaceae en forêt guyanaise.  
 (Piste de St Elie juin 1980 - mai 1982)

Fig. - 5 -



- ① Eschweilera chartacea
- ② " subglandulosa
- ③ Lecythis idatimon
- ④ Eschweilera decolorans
- ⑤ " grata
- ⑥ " odora
- ⑦ " collina
- ⑧ Lecythis corrugata
- ⑨ " sp. nov
- ⑩ " amara
- XX floraison
- nombre d'individus en fruits.

DISCUSSION :

Les études de distribution de végétaux ont-elles permis de détailler ou corriger les données pédologiques ? Tous les comportements sont des préférences ; il n'y a pas d'exclusive.

On n'a pas le droit de dire, Balata se trouve sur D.V.B. et jamais sur D.V.L. Il y a une certaine probabilité. D'autre part, un arbre de 40 cm de haut peut chercher sa nourriture jusqu'à 30 cm de cet arbre. Il serait intéressant de relayer ces études par des recherches auto-écologique par exemple sur les palmiers qui sont de très bons marqueurs.

S'il est logique de parler de stratégie de comportement d'une espèce, il n'est pas exagéré d'en parler pour l'ensemble d'une famille. Cette étude est beaucoup plus facile au niveau de la famille car il n'y a pas de problème de détermination, de plus l'échantillonnage est beaucoup plus important : il est plus facile de récolter 1000 Lecythidacées que 1000 Eschweilera corrugata. Et force nous est de constater qu'il existe pour l'ensemble de certaines familles une stratégie de comportement.

Rôle de l'âge d'un arbre et comment le déterminer ? La détermination de l'âge d'un arbre de forêt tropicale est le Talon d'Achille du forestier et du botaniste. En effet, des arbres peuvent végéter dans leur jeune âge pendant des années sans croître. Par contre, dans des zones de régénération comme les chablis, on sait la croissance que peuvent atteindre des arbres.

Pour connaître l'âge, il faut abattre l'arbre et faire une analyse de cerne, encore celle-ci n'est possible que sur un arbre sur deux. L'analyse à postériori, semble très longue et très difficile.

Estimation de la surface des chablis ? Elle peut varier du simple au double, suivant la façon dont on l'estime, en effet, on ne revient pas forcément au stade zéro. Il faudrait qu'on s'accorde sur une méthodologie.

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*  
\*

MISE EN PLACE DE LA PARCELLE ARBOCEL  
ETUDE DE L'EVOLUTION DU RECRU SUR L'HECTARE CENTRAL

-o-

J.-M. SARRAILH  
Ingénieur de Recherche  
Centre Technique Forestier Tropical  
GUYANE

-||--||--||--||-

1. OBJECTIFS, SITUATION ET CHOIX DU DISPOSITIF

Il s'agit d'étudier la formation, la composition et l'évolution du recrû forestier après coupe dans les conditions de l'exploitation de type papetier.

Il s'agit également de comparer ce recrû avec les éléments floristiques composant le milieu originel.

La Société ARBOCEL ayant effectué une exploitation papetière expérimentale sur 10 ha dans la région de Sinnamary, le C.T.F.T. décida de reprendre à son compte la parcelle en portant à 25 ha (500 m x 500 m) la zone exploitée afin de soustraire l'hectare central de l'influence des lisières.

Un premier inventaire sur 10 hectares a été effectué avant la coupe, puis un deuxième sur 25 hectares après la décision d'étudier le recrû.

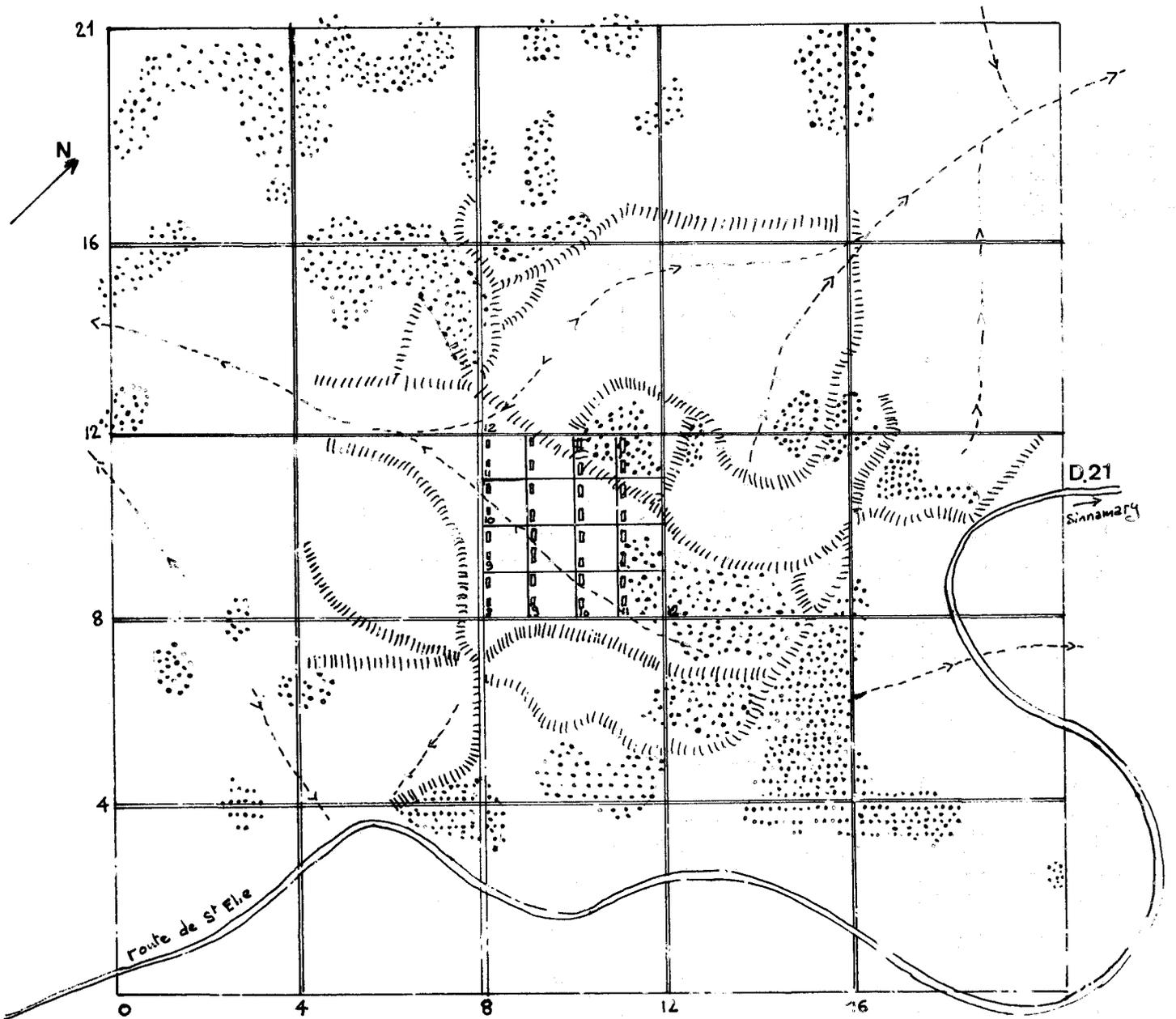
2. INVENTAIRES ET TRAVAUX EFFECTUES

2.1. Premier inventaire sur 10 ha : Mai 1976

La parcelle est divisée en placeaux de un quart d'hectare (25 m de largeur et 100 m de long) parcourus par un layon central dans le sens de leur longueur.

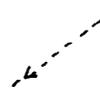
---

N.B. : Rappelons que la mise en place de la parcelle a été réalisée par A. GUIRAUD et cette note utilise des extraits de son article paru au Bulletin ECEREX n° 2.



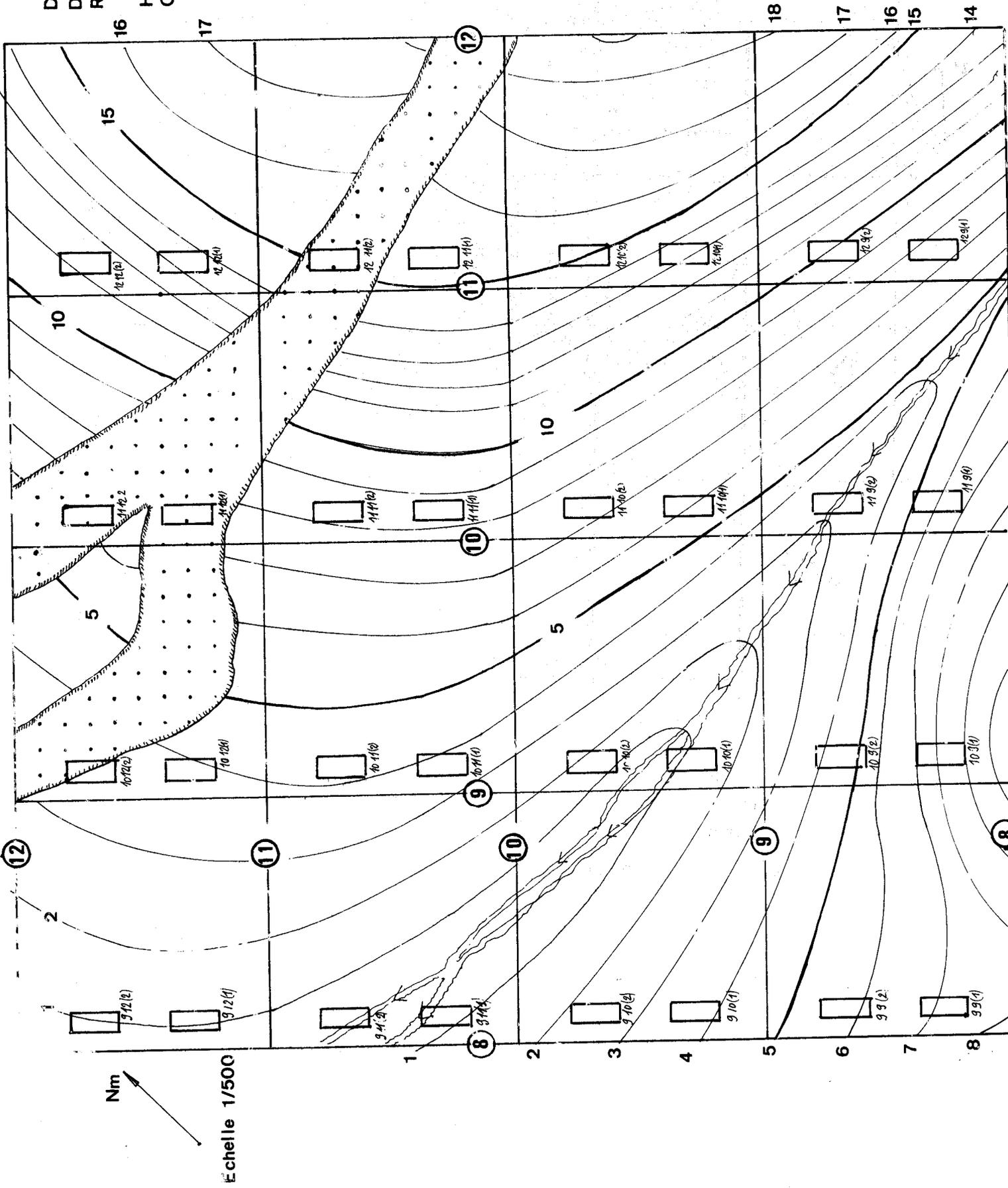
Plan de la parcelle ARBOCEL

 Zones brûlées

 Talweg

 Traces d'engins

DISPOSITIF  
D'ÉTUDE DU  
RECRU ———  
HECTARE  
CENTRAL ———



2.2. Deuxième inventaire sur 25 ha : Juillet 1976

La parcelle a été divisée en placeaux de 25 m x 25 m. Les effectifs ont été dénombrés par classe de diamètre de 10 cm en 10 cm à partir de 20 cm et par parcelle de 1/16 d'hectare repérées selon le plan de layonnage.

2.3. Exploitation : par la Société PARSON et WHITEMORE : Juillet/Août 1976

Piste de débardage : ouverte au bouteur à chenille Caterpillar D6 C et légèrement terrassée. Le réseau comprend 2 350 m de piste soit 240 m/ha. Abattage effectué à la scie à chaîne et façonnage : les Gaulettes (Chrysobalanacées) ont été laissées sur pied, les Mahots (Lecythidacées) initialement rejetés ont ensuite été pris en compte.

Débardage au tracteur articulé Caterpillar 518 de 120 CV équipé d'une lame bull : le "Skidder" ouvrait sa piste entre la piste de débardage terrassée au chenillard et les arbres à débarder.

Abattage complémentaire du C.T.F.T. : Août/Septembre 1976 :

Les gaulettes restant sur pied ont été abattus afin d'éviter l'enrichissement par cette espèce indésirable. Ensuite on a abattu et laissé sur place la bande de 100 m de large entourant les 10 ha de manière à mener à 25 ha la surface de l'essai.

Mise à feu involontaire : Octobre 1976 :

Par deux fois, le feu est passé dans la parcelle. Malgré cet incident l'essai a été poursuivi après cartographie des zones brûlées. Un layonnage a de nouveau été effectué tous les 100 m sur les 25 ha et tous les 25 m sur l'hectare central.

Dispositif d'étude du recrû sur l'hectare central :

On a choisi d'implanter des placettes de 10 m<sup>2</sup> (2 x 5 m) de façon systématique à raison de 2 par carré de 25 x 25 m selon le plan.

Sur les placettes on suit l'évolution et la croissance des espèces forestières. L'inventaire ainsi réalisé tous les ans constitue un sondage à 3,2%.

### 3. RESULTATS

#### 3.1. Résultats des inventaires avant exploitation

Sur l'ensemble des 25 ha on a trouvé 150 espèces au total. 50% de l'effectif est constitué par 4 essences : Wapa, Mahot noir, Mahot rouge et Gaulette.

Le nombre de tiges à l'hectare est de 240 environ (diamètre supérieur à 20 cm). Le reste de l'effectif est très hétérogène.

Les plus importantes en effectif sont : *Symphonia glubulifera* 6 tiges/ha, *Porteria guianensis* 5, *Protium* sp. 4-6, *Micropholis guianensis* 4-3, *Dendrobanguia boliviana* 3-9.

#### 3.2. Résultats de l'exploitation

Le volume moyen réellement exploité à l'hectare brut, sur écorce est de 192 m<sup>3</sup>/ha. Le volume moyen à l'hectare toutes essences avant exploitation, estimé par tarif de cubage, était de 283 m<sup>3</sup>/ha dont 30 m<sup>3</sup>/ha de Gaulettes et 253 m<sup>3</sup>/ha d'essences aptes à la fabrication de la pâte.

Le parterre de la coupe reste très encombré après exploitation. Environ 74 tiges à l'hectare n'ont pas été exploitées, représentant 90 m<sup>3</sup>/ha (en plus des Gaulettes, un volume de 60 m<sup>3</sup>/ha a été abattu mais non débardé : oubliés, bois brisés, défauts internes...). De plus les houppiers sont laissés sur place : la coupe papetière ainsi réalisée est donc loin d'être une coupe rase.

#### 3.3. Evolution du recrû

Nous nous limiterons ici à une vue rapide de la régénération en ne comptabilisant que les tiges supérieures à 1 m de hauteur et les essences représentant plus de 5% de l'effectif. Ces valeurs étaient obtenues en regroupant l'ensemble des placettes.

ESSENCES	1978		1979		1980		1981		1982	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<i>Cecropia obtusa</i>	63	25	75	22	58	17	41	14	29	7
<i>Solanum subinerme</i>	32	13	24	7	16	5				
<i>Vismia latifolia</i> + <i>sessifolia</i>	32	13	49	14	49	14	48	15	74	18
<i>Goupia glabra</i>	26	10	29	8	30	9	28	9	33	8
<i>Laetia procera</i>	25	10	37	11	36	11	36	11	39	9
<i>Xylopia nitida</i>	16	6	37	11	38	11	36	11	48	12
<i>Cecropia sciadophylla</i>	15	6								
<i>Vismia guianensis</i>	13	5	19	6	24	7	23	7	22	5
<i>Solanum asperum</i> + <i>rugosum</i>	12	5								
Divers Melastomacées			26	8	30	9	32	10	81	20
Wata-tiki (indéterminé)			17	5	27	8	34	11	38	9
TOTAL	234	93	313	92	298	91	281	88	364	88

N : Nombre de tiges sur 320 m<sup>2</sup>  
 % : % de l'effectif  
 : % inférieur à 5%

CONCLUSIONS

Au départ on observe une prédominance marquée des deux Cecropia (31% du total) les Solanum abondent (18%) ainsi que les Vismia, Goupia, Xylopia, Laetia. La part des Cecropia diminue au fur et à mesure pour ne plus compter que 10% fin 1982. A l'intérieur du genre Cecropia, on note une dégringolade du C. obtusa - 63 tiges en 1978 et 29 en 1982, tandis que C. sciadophylla reste assez stable - 15 en 1978, 11 en 1982, les Solanum disparaissent dès que le couvert se ferme.

On observe une arrivée lente mais progressive des essences de la forêt d'origine : Gaulette, Mahot rouge et noir, Parcouri, Wapa.

- 0 - = 0 - = 0 - = 0 - = 0 - =

ETUDE DE LA REGENERATION : LA VEGETATION SECONDAIRE  
PISTE DE SAINT-ELIE EN GUYANE

-0-

M.-F. PREVOST

Laboratoire de Botanique

ORSTOM

-|--|==|--|-

Le regain d'intérêt porté depuis une dizaine d'années à l'étude des végétations secondaires, est naturellement lié à l'exploitation et à la diminution des surfaces occupées par les forêts denses humides (primaires).

En Guyane, les premières observations, celles de BENOIST, datent de 1924 ; il ne s'agit d'ailleurs que de listes floristiques succinctes. Il faut attendre les observations de LESCURE (1976) sur le Haut-Oyapock et le démarrage de l'opération ECEREX pour que des études précises et suivies soient abordées.

L'étude de la dispersion des fruits et des graines des espèces pionnières a pu être entreprise en 1981 dans le cadre d'une ATP CNRS en collaboration avec P. CHARLES-DOMINIQUE (Laboratoire d'Ecologie Tropicale de Brunoy).

## I - METHODOLOGIE

L'étude des successions végétales après exploitation forestière, abandon des cultures ou chablis naturels peut s'effectuer :

- en comparant la végétation de différentes parcelles, des stades pionniers jusqu'aux vieilles forêts secondaires (BUDOWSKI, 1961 - 1965 ; LESCURE, 1978 ; de NAMUR, 1978 ; GEOLLEGUE et HUC, 1979...) ;
- en suivant l'évolution de parcelles fixes dont l'âge du recrû est connu (BOERBOOM, 1974 ; KOCHUMMEN et NG, 1977 ; ZWETSLOOT, 1981).

Les deux méthodes sont complémentaires et devraient être utilisées parallèlement ; il n'est cependant pas toujours possible de réunir, dans un secteur donné, l'éventail adéquat des parcelles. C'est le cas aux abords de la piste de Saint-Elie où les recrûs les plus anciens ne dépassent pas, en 1983, dix années.

Il s'agit donc ici, d'une étude de la végétation pionnière.  
Nous disposons actuellement de trois parcelles de 1 000 m<sup>2</sup> dont la repousse est âgée, fin 1982, de 9, 6 et 5 ans.

- Parcelle I liée à l'ouverture de la piste, en 1973 pour le secteur concerné, où les troncs ont été accumulés et en partie brûlés.
- Parcelle II, dite ARBOCEL, où le recrû s'est développé après une coupe de type papetier recouvrant 25 ha, avec débardage mécanique de 40% de la biomasse totale.
- Parcelle III, après une coupe de type "abattis", c'est-à-dire une surface défrichée réduite (1 600 m<sup>2</sup>) et un brûlage relativement doux ; aucune plantation n'a suivi le défrichement.

Dans les parcelles II et III, tous les ligneux érigés, qu'ils soient issus de graines ou de rejets, sont mesurés à partir de 1 cm de diamètre à 1,3 m de hauteur (DBH) ; dans la parcelle I, ils ne le sont qu'à partir de 5 cm de diamètre.

La mise en place et le suivi, depuis maintenant quatre années, de ces parcelles fixes, nous permettent d'y étudier :

- l'évolution démographique et floristique ;
- la répartition des individus par classes de diamètre et son évolution ;
- la mortalité ;
- la variation de la surface terrière par parcelle ou par taxon...

Nous étudierons successivement, l'aspect floristique, la dynamique du développement, la compétition interspécifique entre les Cecropia et enfin les fruits et les graines des espèces pionnières de Guyane.

## II - ASPECT FLORISTIQUE

Un petit nombre de familles caractérisent les formations pionnières et les jeunes forêts secondaires ; elles se retrouvent dans les trois continents tropicaux : Melastomaceae, Solanaceae, Euphorbiaceae, Piperaceae, Tiliaceae... A l'exception des Euphorbiaceae, ces familles ont peu d'importance en forêt guyanaise (Hevea). Certains genres développent une majorité d'espèces pionnières, c'est le cas des Cecropia (Moraceae), Vismia (Guttifereae), Croton (Euphorbiaceae), Trema (Ulmaceae), etc...

Il s'agit d'héliophiles à croissance rapide, donc à bois tendre, à cycle court (bien qu'il existe des pionnières à vie longue), qui produisent en grand nombre des graines de petite taille (AUBREVILLE, 1947 ; RICHARDS, 1955 ; BUDOWSKI, 1961 ; GOMEZ-POMPA et VASQUEZ-YANES, 1974, WHITMORE, 1975 ; KETELAARS et BUDELMAN, 1976).

L'inventaire floristique des parcelles près de la piste de Saint-Elie (Fig. 1) a permis d'estimer à une soixantaine d'espèces et 28 genres le nombre d'arbres et d'arbustes appartenant à 23 familles végétales. Dans cet inventaire on remarquera la richesse spécifique des Melastomaceae (10 espèces), Solanaceae (7 espèces), Euphorbiaceae (6 espèces) et Rubiaceae (5 espèces).

En tenant compte des lianes les plus fréquentes (Dilleniaceae, Passifloraceae) et de quelques herbacées pérennes parfois localement très abondantes (Renealmia, Zingiberaceae), on peut évaluer à une centaine d'espèces le nombre des pionnières en Guyane.

L'inventaire floristique détaillé de la parcelle II (ARBOCEL) âgée de 6 ans est présenté sur la figure 2. C'est une parcelle riche en Palicourea guianensis (Rubiaceae), Vismia guianensis (Guttifereae), Cecropia sciadophylla et C. obtusa (Moraceae), Goupia glabra (Celastraceae) et Laetia procera (Flacourtiaceae). Ces 6 espèces constituent 73% de l'effectif recensé.

Les rejets ont une importance très faible avec seulement 49 individus sur 1 658 comptabilisés à partir de 1 cm de diamètre. Un petit nombre d'espèces demeurent indéterminées.

### III - DYNAMIQUE DE LA VEGETATION

Elle est suivie par l'étude de l'évolution annuelle du nombre des individus, la mortalité et les variations de la surface terrière.

- Si on considère la parcelle II (ARBOCEL) (Fig. 3), on remarque qu'entre 3 et 6 ans, le nombre d'individus à partir de 1 cm de diamètre, passe de 1 751 à 1 658 ; parallèlement, le nombre d'individus à partir de 3 cm augmente de 377 à 857 et, à partir de 5 cm de 86 à 322.

- La surface terrière qui était à 3 ans de 11,2 m<sup>2</sup>/ha, atteint 3 ans plus tard 22,9 m<sup>2</sup>/ha. Rappelons, à titre de comparaison, que la surface terrière de la forêt primaire avoisinante est en moyenne 38 m<sup>2</sup>/ha (PUIG, 1979).

- On peut également observer la participation relative des différentes classes de diamètre à la surface terrière (Fig. 4 pour les parcelles I et II). A partir de 6 ans, plus de 50% de cette surface est développée par les diamètres égaux ou supérieurs à 5 cm (parcelle II), et à partir de 9 ans, les diamètres égaux ou supérieurs à 15 cm n'en développent encore que 48% (parcelle I).

- Les mesures des accroissements en diamètre permettent de suivre avec plus de précision les variations des biovolumes, en relation en particulier, avec la pluviométrie. Des dendromètres rubans ont été posés sur 24 arbres représentant les principaux taxa de la parcelle I, Cecropia spp., Vismia spp., Tapirira guianensis, Laetia procera. Les mesures mensuelles effectuées depuis maintenant près de quatre années, montrent que pourcentages d'accroissement peuvent être mis en corrélation avec la pluviométrie : une diminution des pluies entraîne une baisse de l'accroissement, mais un excès de la pluviométrie entraîne, de la même manière une diminution de ces accroissements. On peut classer les différents taxa retenus d'après leur vitesse de croissance : Laetia      Tapirira      Cecropia sciadophylla  
Vismia      Cecropia obtusa (Fig. 5).

Le comportement d'un Parkia nitida (Mimosaceae) doit être considéré isolément (Fig. 7) puisque cet individu présente un rythme annuel d'accroissement avec une courbe unimodale dont le pic est décalé de 1-2 mois par rapport au maximum de la pluviométrie (grande saison de pluies entre Avril et Juin).

Quelques courbes individuelles sont présentées sur les figures 7, 8 et 9, et la figure 6 synthétise les données recueillies au cours de ces quatre années consécutives.

- Si on suit l'évolution du pourcentage de l'accroissement moyen annuel par taxon (Fig. 5), on assiste, entre 6 et 9 ans, à une

diminution générale de cet accroissement qui demeure cependant important ; il est de 8 à 10 fois supérieur à celui observé pour les arbres de forêt primaire (PREVOST et PUIG, 1981 ; *ibid*, 1983).

- On remarquera qu'aucun goupî (Goupia glabra, Celastraceae) n'a fait l'objet de mesures dendrométriques : cette espèce, bien que dépassant 5 cm de diamètre lors de la mise en place de l'expérience, reste localisée dans la classe 5-10 cm où elle n'est représentée que par 6 individus dans la parcelle I (PREVOST, 1981).

- De toutes les espèces pionnières de Guyanè, Goupia glabra est la plus intéressante économiquement. C'est une pionnière à vie longue (SCHULZ, 1960) qui se maintient bien en forêt primaire où il peut atteindre de gros diamètres. Très abondant dans les jeunes recrûs (de FORESTA, 1981 ; PREVOST, 1981), le goupî est très peu compétitif et cesse de croître dès qu'il est surcimé. Il était donc intéressant de suivre le comportement de cette espèce en éliminant les espèces concurrentes particulièrement dynamiques que sont, à ce stade les Cecropia, Vismia et Solanum.

Les observations sont menées par M. LEROUX depuis Août 1982, en relation en particulier avec le drainage (Bassin versant D) ; les premiers résultats sont présentés sur la figure 10. Dégagés des autres espèces en compétition, les goupî ont un accroissement rapide. Comme pour les autres espèces de végétation secondaire, l'apparition de la saison sèche entraîne un ralentissement de la croissance qui reprend très vite avec les premières pluies de Novembre.

Le comportement des arbres vis-à-vis du drainage est particulièrement intéressant à suivre ; une année complète de mesures est nécessaire pour confirmer les différences observées entre DVL et DVB, en particulier pendant la grande saison de pluies (Avril, Mai et Juin).

#### IV - COMPETITION INTERSPECIFIQUE, LE CAS DES CECROPIA

L'importance numérique des deux espèces de Cecropia, l'accroissement plus rapide observé chez C. sciadophylla, nous ont incité à suivre la compétition entre ces deux bois-canons.

Dans la parcelle III, le nombre total d'individus entre 2,5 et 4,5 ans est passé respectivement de 1 581 (2,5 ans) à 1 433 (3,5 ans) et 1 302 (4,5 ans).

La répartition par classe de diamètre des deux Cecropia est présentée sur la figure 11. On constate que, si à l'origine C. obtusa est 5 à 6 fois plus fréquente que C. sciadophylla, il est surtout concentré dans les petits diamètres ; au cours de la régénération, c'est C. sciadophylla qui va s'imposer dans les gros diamètres.

La mortalité galopante des C. obtusa est localisée aux classes 1-2 et 2-3 cm de diamètre (individus encore monocaules et surcimés), mais affecte déjà quelques individus ayant dépassé 5 cm.

Ces deux Cecropia développent des racines échasses qui peuvent s'anastomoser entre individus de la même espèce ou des deux espèces. KAHN (1978) a déjà montré le rôle de telles soudures racinaires dans l'évolution et la disparition des peuplements pionniers à Macaranga hurifolia (Euphorbiaceae) en Côte d'Ivoire.

L'étude de l'augmentation de la circonférence (mesures manuelles) de plusieurs individus aux racines aériennes soudées (Fig. 12), permet de souligner le manque de compétitivité de C. obtusa et son élimination progressive par C. sciadophylla.

Il est impossible à l'heure actuelle de démontrer le détournement trophique (par des marqueurs radioactifs par exemple) suggéré par ces observations. Une approche morphologique et descriptive de tels "complexes racinaires" peut, par contre être envisagée.

## V - LES FRUITS ET LES GRAINES DES ESPECES PIONNIERES DE GUYANE

Nous avons déjà signalé que les espèces pionnières produisent en grande quantité des graines de petite taille, mais les données précises et quantifiées sont rares car limitées à un petit nombre d'espèces (MACEDO, 1977 au Brésil ; OPLER et al., 1980 au Costa-Rica).

La présence et le maintien de ces graines dans les sols de forêt primaire, dans l'attente des conditions favorables à leur germination (lumière, température au sol...) est connue en zone tropicale depuis 1933 (SYMINGTON en Malaisie). On a pu depuis, quantifier ce stock de graines latentes qui constituent la "seed-bank" (AUBREVILLE, 1947 ; GUEVARA et GOMEZ-POMPA, 1972 ; LIEW, 1973 ; CHEKE et al., 1979 ; PREVOST, 1981 ; HOLTHUIJZEN et BOERBOOM, 1982...).

Nous avons recensé, dans le sol de forêt primaire en forêt de Saint-Elie, 60 graines d'espèces pionnières par mètre carré, avec un maximum de 100 graines par mètre carré (PREVOST, 1981). Ces chiffres peuvent paraître faibles par rapport aux données des auteurs cités précédemment (cf. aussi ALEXANDRE, 1978) ; on peut peut-être trouver une explication dans le petit nombre de défrichements, tous relativement récents dans cette zone, ce que traduit d'ailleurs la floristique où les herbacées de type rudéral (Cyperaceae, Graminaceae, Composeae...) sont peu représentées et éphémères.

L'étude plus particulière des fruits et des graines des espèces pionnières a porté sur 90 espèces : 78 arbres et arbustes érigés, 10 lianes et espèces sarmenteuses et 2 herbacées pérennes.

Les fruits sont classés (baies, drupes, capsules...), mesurés, et le nombre de graines comptabilisé pour 30 fruits prélevés, dans la mesure du possible sur des pieds différents et à des époques variables de l'année pour éviter les variations liées à la vigueur individuelle et à l'âge.

La synthèse des observations est présentée sur la figure 13.

### a) Différents types de fruits rencontrés

Développées par 51 espèces sur 90, les baies sont de loin les fruits les plus répandus ; drupes (15) et capsules (13) sont également bien représentées.

Cette dominance des baies ne doit pas nous étonner : elle reflète parfaitement la floristique où abondent les Solanaceae, Melastomaceae et le genre *Vismia*. Les drupes sont communes aux Boraginaceae (*Cordia*), Rubiaceae (*Palicourea*) et Verbenaceae (*Aegiphila*) et les capsules typiques des Euphorbiaceae.

b) Taille des fruits

72% des fruits inventoriés ne dépassent pas 2 cm ; les espèces pionnières développent de petits fruits, ce qui les oppose aux espèces de forêt primaire (ALEXANDRE, 1980).

c) Nombre de graines par fruit

En considérant qu'à partir de 50 graines, un fruit produit un grand nombre de graines, on constate que 60% des pionnières de Guyane répondent à cette définition. Les drupes développent un petit nombre fixe de graines (Tapirira guianensis, Cordia spp., Palicourea spp., etc...). Le maximum de graines par fruit est observé avec les baies de Bellucia grossularioides (Melastomaceae, 2 200 graines minuscules) et Solanum crinitum (Solanaceae, 1 200 graines).

d) Taille des graines

Aucune graine n'excède 5 cm ; 84% des graines mesurées n'atteignent que 5 mm, ce qui confirme que les espèces pionnières produisent des graines de petite taille.

e) Mode de dispersion

L'abondance des baies et des drupes laisse prévoir l'importance de la dispersion par zoochorie. C'est ce que nous observons avec 93% d'espèces disséminées par les animaux, en particulier les chauves-souris et les oiseaux, et secondairement par les marsupiaux et petits rongeurs (voir article CHARLES-DOMINIQUE).

Rappelons, à titre de comparaison, que dans une vieille forêt secondaire de l'île de Cayenne, à Cabassou, la zoochorie est de 72% ; elle a pu être liée à une composition floristique plus diversifiée. Les graines plus grosses de Virola spp. (Myristicaceae), Richardella macrophylla (Sapotaceae), diverses Lauraceae (Ocotea spp.)... sont dans ce cas disséminées par les Marsupiaux, les Rongeurs et le kinkajou (Potos flavus) (CHARLES-DOMINIQUE et al., 1981).

## VI - EN GUISE DE CONCLUSION

Les études en végétation secondaire sont d'autant plus fructueuses qu'elles sont suivies pendant un certain nombre d'années. C'est ce que l'ORSTOM nous permet de réaliser dans le cadre de l'opération concertée ECEREX en Guyane.

Ce travail est d'autant plus intéressant qu'il est étroitement lié à l'observation des chablis (RIERA), chablis qui constituent un des aspects dynamiques de la régénération en forêt primaire (LESCURE, SABATIER et PUIG).

La collaboration avec les zoologistes (CHARLES-DOMINIQUE et al.), amorcée en 1978-1979, a pu être développée par l'étude de la dispersion des fruits et des graines des espèces pionnières, en relation, plus particulièrement avec les chauves-souris et les oiseaux. Cet exemple de pluridisciplinarité mérite d'être souligné.

BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDRE D.-Y., 1978 - Observations sur l'écologie de Trema guineensis en Basse Côte d'Ivoire. Cah. ORSTOM, sér. Biol., 13 (3), 261-266.
- ALEXANDRE D.-Y., 1980 - Caractère saisonnier de la fructification dans une forêt hygrophile de Côte d'Ivoire. Rev. Ecol. (Terre et Vie), 34 (3), 331-359.
- AUBREVILLE A., 1947 - Les brousses secondaires en Afrique Equatoriale. Bois et Forêts des Tropiques, 2, 24-35.
- BOERBOOM J.H.A., 1974 - Succession studies in the humid tropical lowlands of Surinam. in Proceedings of the First International Congress of Ecology, The Hague, Nederland, 343-347.
- BUDOWSKI G., 1961 - Studies on forest succession in Costa-Rica and Panama. Thesis, Yale University, USA, 189 p.
- BUDOWSKI G., 1965 - Distribution of tropical american rain forest species in the light of successional processes. Turrialba, 15 (1), 40-42.
- CHARLES-DOMINIQUE P., 1983 - Dissémination des graines de certaines espèces pionnières par les chauves-souris. Réunion ECEREX, Cayenne, Mars 1983, 5 p. + 5 tabl.
- CHARLES-DOMINIQUE P. et al., 1981 - Les mammifères frugivores arboricoles nocturnes d'une forêt guyanaise : interrelations plantes-animaux. Rev. Ecol. (Terre et Vie), 35 (3), 341-435.
- CHEKE A.S., W. NAI AKORN and C. YANKOSES, 1979 - Dormancy and dispersal of seeds of secondary forest species under the canopy of a primary tropical rain forest in northern Thailand. Biotropica, II (2), 88-95.
- FORESTA H. (de), 1981 - Premier temps de la régénération naturelle après exploitation papetière en forêt tropicale humide. ARBOCEL, Guyane Française. Thèse USTL - Montpellier, 124 p.
- GEOLOGUE R.T. et R. HUC, 1979 - Early stages of forest regeneration in south Sumatera. Symposium on Forest Regeneration in southeast Asia, Bogor, Indonésie, 9 p., 4 fig.
- GOMEZ-POMPA A. and C. VASQUEZ-YANES, 1974 - Studies on the secondary succession of tropical lowlands : the life cycle of secondary species in Proceedings of the First International Congress of Ecology. The Hague, Nederland, 336-342.
- GUEVARA SADA S. and GOMEZ-POMPA A., 1972 - Seeds from surface soils in a tropical region of Vera-Cruz, Mexico. J. Arnold Arbor., 53 (3), 312-335.

- HOLTHUIJZEN A.M.A. and BOERBOOM J.H.A., 1982 - The Cecropia seed-bank in the Surinam lowland rain forest. Biotropica, 14 (1), 62-68.
- KAHN F. et NAMUR C. (de), 1978 - Le stade à Macaranga hurifolia : installation, développement et disparition. Cah. ORSTOM, sér. Biol., 13 (3), 255-259.
- KETELAARS J.J.M. and BUDELMAN A., 1976 - Anthropogene vegetaties in het Brokopondo Districts Surinam. Vakgroep plantensyst. en Geografie. Wageningen, Nederland, 99 p.
- KOCHUMMEN K.M. et NG F., 1977 - Natural plant succession after farming in Kepong. Malay. Forester, 40 (1), 53-60.
- LESCURE J.-P., 1976 - Etudes interdisciplinaires sur le Haut-Oyapock (Guyane française). in Actes du 62<sup>ème</sup> Congrès International des Américanistes, vol. II, 453-462.
- LESCURE J.-P., 1978 - An architectural study of the vegetation's regeneration in French Guiana. Vegetatio, 37 (1), 53-60.
- LIEW T.C., 1973 - Occurrence of seeds in virgin foresttop soil with particular reference to secondary species in Sabah. Malay. Forester, 36 (3), 185-193.
- MACEDO M., 1977 - Dispersao de plantas lenhosas de uma Campina Amazonica. Acta Amazonica, 7 (1), suplemento, 1-69.
- NAMUR C. (de), 1978 - Quelques caractéristiques du développement d'un peuplement ligneux au cours d'une succession secondaire. Cah. ORSTOM, sér. Biol., 13 (3), 211-221.
- OPLER P.A., BAKER H.G. and FRANKIE G.W., 1980 - Plant reproductive characteristics during secondary succession in neotropical lowland forest ecosystems. Biotropica, suppl. Tropical Succession, 12 (2), 40-46.
- PREVOST M.-F., 1981 - Mise en évidence de graines d'espèces pionnières dans le sol de forêt primaire en Guyane. Turrialba, 31 (2), 121-127.
- PREVOST M.-F., 1981 - Recrû de 3 ans après coupe de type papetier. Bull. Liaison du Groupe de Travail sur l'Ecosystème forestier Guyanais, vol. 3, 68-81.
- PREVOST M.-F. et H. PUIG, 1981 - Accroissement diamétral des arbres en Guyan observations sur quelques arbres de forêt primaire et de forêt secondaire. Bull. Mus. Nation. Hist. Nat. Paris, sect. B, Adansonia n° 147-171.
- PUIG H., 1979 - Production de litière en forêt guyanaise. Résultats préliminaires. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 115 (3-4), 338-346.

- PUIG H. et PREVOST M.-F., 1983 - Périodicité de l'accroissement chez quelques arbres de Guyane. (Sous presse).
- RICHARDS P.W., 1955 - The secondary succession in the tropical rain forest. Science Progress (London), 43 (169), 45-57.
- SCHULZ J.-P., 1960 - Ecological studies on rain forest in northern Surinam. Verh. Kon. Ned. Akad. Wetensch., Afd. Natuur., Reeks 2, 53 (1), 267 p.
- WHITMORE T.C., 1975 - Tropical Rain Forest of Far East. Clarendon Press, Oxford, 282 p.
- ZWETSLOOT H., 1981 - Forest succession on a deforested area in Surinam. Turrialba, 31 (4), 369-379.
- BENOIST R., 1924 - La végétation de la Guyane française. Bull. Soc. bot. Fr. 72 (24), 1 169-1 177.

FIGURE 1 : FLORISTIQUE DES PARCELLES EN REGENERATION, ARBRES ET ARBUSTES

	Genres	Nombre d'espèces
ANACARDIACEAE	1 (Tapirira)	1
ANNONACEAE	2 (Xylopia)	2
APOCYNACEAE	1 (Himatanthus)	1
ARALIACEAE	1 (DIDYMOPANAX)	1
BIGNONIACEAE	1 (Jacaranda)	1
BORAGINACEAE	1 (Cordia)	2
BURSERACEAE	1 (Protium)	1
CELASTRACEAE	1 (Goupia)	1
EUPHORBIACEAE	6 (Croton, Conceveiba, Sapium, Alchorneopsis, maprounea...)	6
FLACOURTIACEAE	2 (Laetia, Casearia)	2
GUTTIFERES	1 (Vismia)	3
MALPIGHIACEAE	1 (Byrsonima)	1
MELASTOMACEAE	4 (Miconia, Bellucia, Loreya...)	10
MIMOSACEAE	2 (Inga, Parkia)	4
MONIMIACEAE	1 (Siparuna)	1
MORACEAE	3 (Cecropia, Bagassa, Picus)	4
PIPERACEAE	1 (Piper)	1
RUBIACEAE	2 (Isertia, Palicourea)	5
RUTACEAE	1 (Fagara)	1
SOLANACEAE	2 (Solanum, Cyphomandra)	7
SIMAROUBACEAE	1 (Simarouba)	1
TILIACEAE	1 (Apeiba)	1
VERBENACEAE	1 (Aegiphila)	1
<b>TOTAL</b>	<u>38</u>	<u>58 espèces</u>

FIGURE 2 : INVENTAIRE DE LA PARCELLE (ARBOCEL), 1 000 m<sup>2</sup>, RECRU DE 6 ANS

Taxon	Classe de diamètre							Total
	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	10 cm	15 cm	
<i>Cecropia obtusa</i>	0	11	18	16	48	2	95	
<i>C. sciadophylla</i>	2	11	24	14	54	15	120	
<i>Vismia guianensis</i>	105	103	42	45	44	2	341	
<i>Palicourea guianensis</i>	25	126	105	115	75		446	
<i>Vismia latifolia</i>	8	12	12	8	14	2	56	
<i>Vismia sessilifolia</i>	6	8	5	0	5		24	
<i>Goupia glabra</i>	44	31	18	5	18		116	
<i>Laetia procera</i>	20	29	23	9	20		101	
<i>Byrsonima densa</i>	4	7	5	9	12		37	
<i>Fagara pentandra</i>		1		1	1		3	
<i>Loreya mespiloides</i>	40	39	10	4			93	
<i>Miconia fragilis</i>	7	3	2	1	1		14	
<i>Miconia tschudyoides</i>	8	8	1	2			19	
<i>Miconia mirabilis</i>			1		1		2	
<i>Maprounea guianensis</i>	1						1	
<i>Ficus</i> spp.	4	3			1		8	
<i>Cordia</i> spp.	2	2	2			3	9	
<i>Xylopia nitida</i>	12	12	7	3	2		36	
<i>Aegiphila villosa</i>			1	1		1	3	
<i>Didymopanax morototoni</i>			1			1	2	
Annonaceae spp.	7	3	4	3			17	
<i>Inga</i> spp.			2				2	
<i>Banara guianensis</i>			1				1	
<i>Himatanthus articulatus</i>	2		1				3	
<i>Isertia spiciformis</i>	12	8	2				22	
<i>Alchorneopsis floribunda</i>			1				1	
<i>Siparuna guianensis</i>	3	3	1				7	
<i>Casearia</i> sp.			1			1	2	
<i>Cupania</i> sp.	4						4	
<i>Clusia</i> spp.	1		1				2	
<i>Humiria balsamifera</i>					1		1	
<i>Sterculia</i> sp.	1						1	

.../...

FIGURE 2 : (suite)

Taxon	Classe de diamètre								Total
	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	10 cm	15 cm		
Bombacaceae			1						1
Flacourtiaceae			1						1
Papilionaceae		2		1					3
Semis indéterminés		5	10						15
Rejets	26	14		6	3				49
	<u>351</u>	<u>450</u>	<u>295</u>	<u>240</u>	<u>301</u>	<u>21</u>			<u>1 658</u>

**FIGURE 4 : PARTICIPATION DES DIFFERENTES CLASSES DE DIAMETRE A LA SURFACE TERRIERE AU COURS DE LA REGENERATION**

Parcelle 2 (1 000 m <sup>2</sup> )	Nombre d'individus	Surface terrière	1	2	3	4	5	10	15	∅ en cm
			3 ans	1 751	11,2 m <sup>2</sup> /ha	21%	26,3	19,8	8,8	24,1%
6 ans	1 658	22,9 m <sup>2</sup> /ha	4,6	9,7	12,7	14,7	49,4	8,9%		
Parcelle 3 (1 000 m <sup>2</sup> )			5	10	15	20	25	30	∅ en cm	
			6 ans	283	21,3 m <sup>2</sup> /ha	34,4%	35,3	17,7	7,8	4,7%
9 ans	244	24,3 m <sup>2</sup> /ha	23,7	28,1	16,3	22,4	9,5			

FIGURE 5 : EVOLUTION DE L'ACCROISSEMENT MOYEN ANNUEL PAR TAXON EN VEGETATION SECONDAIRE ENTRE 6 ET 9 ANS

<u>Taxon</u>	<u>6 ans</u>	<u>7 ans</u>	<u>8 ans</u>	<u>9 ans</u> *
<u>Cecropia obtusa</u>	2,5%	1,4%	0,4%	0,3%
<u>Cecropia sciadophylla</u>	6,2	5,2	4,1	2,3
<u>Tapirira guianensis</u>	10,3	8,9	7,0	5,3
<u>Laetia procera</u>	11,2	9,9	9,9	7,9
<u>Vismia spp.</u>	4,7	3,2	2,1	0,8
<u>Parkia nitida</u>	10,7	5,6	7,7	6,9
<u>Moyenne</u>	<u>7,6%</u>	<u>5,7%</u>	<u>5,2%</u>	<u>3,9%</u> *

\* Données ne portant que sur 11 mois.

FIGURE 11 : DEMOGRAPHIE DES BOIS-CANONS (CECROPIA OBTUSA ET CECROPIA SCIADOPHYLLA) AU COURS DE LA REGENERATION

Parcelle 3 (1 000 m <sup>2</sup> )		1	2	3	4	5	10	15	20	Ø en cm	Nombre d'individus	
2,5 ans	<u>Cecropia obtusa</u>	201	105	67	29	34	1				437	1 581
	<u>C. sciadophylla</u>	19	10	12	13	20	2				76	
3,5 ans	<u>Cecropia obtusa</u>	41	80	58	30	51	7				267	1 433
	<u>C. sciadophylla</u>	3	7	2	8	33	10	2			65	
4,5 ans	<u>Cecropia obtusa</u>	8	29	41	26	53	11				168	1 302
	<u>C. sciadophylla</u>	0	9	0	4	31	15	6			65	

MORTALITE CHEZ CECROPIA OBTUSA AU COURS DE LA REGENERATION

	1	2	3	4	5	10	Ø en cm	TOTAL
Entre 2,5 et 3,5 ans	144	18	4	1				167
Entre 3,5 et 4,5 ans	33	47	17	0	2			99
								266 indi- vidus

A PROPOS DES CHABLIS EN FORET GUYANAISE  
PISTE DE SAINT ELIE

-o-

PAR

Bernard RIERA \*

-♣--♣---♣--♣-

La forêt tropicale se présente comme un ensemble d'éléments d'âge, de taille et de composition floristique variables, comparée à une mosaïque forestière par différents auteurs : AUBREVILLE (1938), RICHARDS (1958), OLDEMAN (1974), WITMORE (1975).

Cette structure en mosaïque est la conséquence du remplacement progressif des arbres au fur et à mesure de leur disparition. Selon WHITMORE (1978), le cycle de croissance de la forêt en équilibre dynamique, serait divisé en trois phases. La première, "gap phase" est constituée par la chute d'un arbre et les dégâts qu'elle occasionne, il s'agit du chablis tel que le définit OLDEMAN (1975) ; à cette phase se rattachent les germinations et l'installation des jeunes plantules. Elle est suivie par la "building phase" ou phase de reconstruction et enfin la "mature phase" ou phase de maturité.

Pour HALLE et al. (1978) les phases des cycles sylvigénétiques peuvent être plus nombreuses et divisées en stades dynamiques et homéostatiques.

Il est difficile de comparer ces deux théories, les phases décrites par ces auteurs étant différentes.

HALLE et al. (1978) mettent l'accent sur l'aspect floristique et architectural alors que WHITMORE (1978) s'attache davantage à des caractères physiologiques et structuraux.

Toutefois, dans chaque cas, le chablis reste l'un des principaux éléments contribuant à l'hétérogénéité de cette forêt naturelle. Sa formation est le facteur déterminant l'agencement et l'avenir des différentes unités constitutives de la mosaïque forestière. Le dénombrement et la mesure de la surface des chablis sont donc fondamentaux avant toute étude sur la dynamique forestière. Il est donc nécessaire de bien définir le chablis et sa délimitation.

---

\* ORSTOM, B.P. 165 - CAYENNE - GUYANE

A PROPOS DES CHABLIS EN FORET GUYANAISE  
PISTE DE SAINT ELIE

-o-

PAR

Bernard RIERA \*

-o--o--o--o--o--

La forêt tropicale se présente comme un ensemble d'éléments d'âge, de taille et de composition floristique variables, comparée à une mosaïque forestière par différents auteurs : AUBREVILLE (1938), RICHARDS (1958), OLDEMAN (1974), WITMORE (1975).

Cette structure en mosaïque est la conséquence du remplacement progressif des arbres au fur et à mesure de leur disparition. Selon WHITMORE (1978), le cycle de croissance de la forêt en équilibre dynamique, serait divisé en trois phases. La première, "gap phase" est constituée par la chute d'un arbre et les dégâts qu'elle occasionne, il s'agit du chablis tel que le définit OLDEMAN (1975) ; à cette phase se rattachent les germinations et l'installation des jeunes plantules. Elle est suivie par la "building phase" ou phase de reconstruction et enfin la "mature phase" ou phase de maturité.

Pour HALLE et al. (1978) les phases des cycles sylvigénétiques peuvent être plus nombreuses et divisées en stades dynamiques et homéostatiques.

Il est difficile de comparer ces deux théories, les phases décrites par ces auteurs étant différentes.

HALLE et al. (1978) mettent l'accent sur l'aspect floristique et architectural alors que WHITMORE (1978) s'attache davantage à des caractères physiologiques et structuraux.

Toutefois, dans chaque cas, le chablis reste l'un des principaux éléments contribuant à l'hétérogénéité de cette forêt naturelle. Sa formation est le facteur déterminant l'agencement et l'avenir des différentes unités constitutives de la mosaïque forestière. Le dénombrement et la mesure de la surface des chablis sont donc fondamentaux avant toute étude sur la dynamique forestière. Il est donc nécessaire de bien définir le chablis et sa délimitation.

---

\* ORSTOM, B.P. 165 - CAYENNE - GUYANE

Les résultats obtenus à Panama par BROKAW (1982) sont présentés également sous la forme d'un histogramme trimodal. BROKAW n'ayant pas effectué de distinction entre les différents chablis observés, nous avons estimé les valeurs moyennes pour chaque type de chablis. Si l'on compare ces valeurs aux résultats obtenus par FLORENCE au Gabon (1981) et à ceux obtenus en Guyane (Tableau 2) on constate une différence au niveau des chablis multiples. La surface moyenne des chablis observés à Barro Colorado au Panama peut s'expliquer par la "jeunesse" de cette forêt (70 et 200 ans) présentant une forte densité d'individus, mais peu de gros arbres, responsables des grands chablis. L'apparition de ces grands chablis étant une conséquence de la maturation d'une forêt (BROKAW, à paraître) constitue de ce fait l'un des critères possible de définition d'une forêt mature.

La plupart des travaux actuels sur les chablis portent sur des forêts n'ayant pas subi d'exploitation. Les auteurs donnent des valeurs maximales atteignant exceptionnellement 1000 m<sup>2</sup>, le plus souvent elles ne dépassent pas 700 m<sup>2</sup>.

Bien que ces grands chablis soient les moins nombreux, il semble que leur rôle dans la dynamique soit particulièrement intéressant (WITHMORE, 1978 ; TORQUEBLAU, 1981). D'après BROKAW (1982) ils permettraient l'installation des espèces appelées cicatricielles par MANGENOT (1856) ou nomades biologiques par van STEENIS (1958).

#### Rôle du chablis dans la dynamique forestière

A la lumière de ces résultats, nous avons été amenés à nous poser la question suivante :

. Peut-on utiliser ces différentes observations pour tenter d'expliquer la dynamique forestière ?

Plusieurs auteurs vont dans ce sens. HARTSHORN (1978) propose un taux de renouvellement (de la forêt) "turn over rate" défini comme étant la période nécessaire pour que la surface étudiée soit entièrement couverte par des chablis. Le "turn over" est égal à :

$$X = \frac{S}{s} \times dt$$

où S est la surface inventoriée et s la surface perturbée pendant le temps d'observation dt.

Pour 2377 m<sup>2</sup> perturbés par an sur une surface totale de 21,5 hectares nous obtenons une valeur de 90,5 ans. Cette valeur peut être comparée à celle obtenue lors d'une étude menée en collaboration avec H. de FORESTA, F. HALLE et M.F. PREVOST portant sur la réalisation d'une mosaïque forestière de 2,5 hectares située dans la même région.

Les chablis dont l'âge estimé est inférieur à 5 ans occupent une surface de 1500 m<sup>2</sup>, avec un "turn over" voisin de 85 ans. Ces valeurs très proches sont d'ailleurs comparables à celles obtenues par d'autres auteurs : HARTSHORN (1978), BONNIS (1980), FLORENCE (1981), BROKAW (1982) (Tableau 3).

LEIGH (1975) propose le calcul de la durée de vie moyenne des arbres par l'inverse de la proportion des individus suivis qui meurent chaque année ; avec une mortalité supérieure à 1 % par an, cette valeur serait voisine des précédentes.

HLADIK (1982) observe que 10 % environ de la surface terrière et des individus de la forêt de M'Passa au Gabon, disparaissent et se renouvellent en 7 ans, sans que pour autant on puisse dire que la forêt se renouvelle en 70 ans. La mortalité s'observe aussi bien chez les "jeunes" que chez les vieux arbres, indépendamment de la durée de vie relative des espèces.

Ce que confirme HARTSHORN (1980) qui remarque que certaines parties de la forêt peuvent être exemptes de chablis pendant plus de 200 ans alors que d'autres sont affectées par des perturbations plusieurs fois pendant une période allant de 80 à 138 ans.

Mais dans quelle mesure ces valeurs moyennes sont-elles significatives ?

En effet la connaissance du milieu forestier tropical nous laisse sceptique devant la rapidité avec laquelle une forêt pourrait être recouverte par les chablis.

LESCURE (Comm. pers.) remarque que ces valeurs, d'une centaine d'années, correspondent approximativement à la reconstitution d'une forêt de même biomasse, donc de physionomie identique. Mais cette reconstitution ne correspond pas au retour à la composition floristique initiale qui nécessite beaucoup plus de temps.

D'autre part la vitesse de cicatrisation varie d'un chablis à l'autre et au sein d'un même chablis, du centre à la périphérie. Suivant les cas, elle peut être de l'ordre de quelques années pour certains volis, à une vingtaine et même plus pour les chablis de bas-fonds.

Le milieu joue aussi un rôle très important dans cette cicatrisation, notamment par sa composition floristique et les agents disséminateurs présents. Ces deux facteurs associés à la surface des chablis sont ceux qui influencent le plus la régénération.

Ceci nous amène à ne plus considérer la forêt tropicale comme une forêt homogène (de type monospécifique) ainsi que cela a été fait trop souvent. Certes les premiers stades de régénération, après déboisement de très grandes surfaces sont dominés par un petit nombre d'espèces. Mais il s'agit là de conditions très particulières qui ne correspondent pas à la régénération naturelle de la forêt. Celle-ci est constituée d'un ensemble d'unités dont les proportions varient d'un site à l'autre.

Mais cette forêt, lorsqu'elle n'est pas soumise à une influence abusive, garde, plus ou moins, dans son ensemble et à travers les âges, la même physionomie.

Alors que le taux de renouvellement forestier (turn over rate) semble mal adapté pour caractériser la dynamique forestière, HLADIK (1982) estime que les mesures du taux de croissance et de mortalité, au même titre que le pourcentage annuel de chablis (1,1 % pour la piste de St Elie) paraissent plus adéquats.

Les précisions apportées sur l'âge et la dynamique d'une forêt tropicale par l'étude des chablis en démontrent tout l'intérêt.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBREVILLE A., 1983 - La forêt coloniale ; les f  
dentale française. Annales de l'Acadé  
niales, Paris, IX, 1-245.
- BONNIS G., 1980 - Etude des chablis en forêt dense h  
relle de Taï (Côte d'Ivoire). Rapport
- BROKAW N.V.L., 1982 - The definition of a treefall g  
measures of forest dynamics. Biotropi
- FLORENCE J., 1981 - Chablis et sylvigenex dans la fc  
virente du Gabon. Thèse de 3ème cycle  
Pasteur, Strasbourg, 261p.
- HALLE F., OLDEMAN R.A.A. et TOMLINSON P.B., 1978 - 1  
An architectural analysis. Springer-1
- HARTSHORN G.S., 1978 - Tree falls and tropical fores  
In P.B. TOMLINSON and M.H. ZIMMERMAN,  
living systems. Cambridge, University
- HARTSHORN G.S., 1980 - Neotropical forest dynamics.  
succession supplement, 12, 23-30.
- HLADIK A., 1982 - Dynamique d'une forêt équatoriale  
temps réel et comparaison du potenti  
différentes espèces. Acta Oecologica,  
vol. 3, n° 3, p 373-392.
- LEIGH E.G., 1975 - Structure and climate in tropical  
review of ecology and systematics, 6
- MANGENOT G., 1956 - Recherches sur la végétation dai  
cales humides de l'Afrique Occidenta  
study of tropical vegetation. Procee  
Symposium, UNESCO.
- MUTOJI-A-KAZADI, 1977 - Notes de sylvigénèse pour li  
photographies aériennes. D.E.A. Univ  
Techniques du Languedoc, Montpellier
- OLDEMAN R.A.A., 1974 - L'architecture de la forêt g  
ORSTOM, n° 73, ed. ORSTOM, Paris, 20
- OLDEMAN R.A.A., 1975 - Bioarquitectura y floristica  
Rapport M.A.G., ORSTOM, Quito. 21 p.
- RICHARDS P.W., 1952 - The tropical rain forest. Cam  
450 p.
- RIERA B., 1982 - Observations sur les chablis, Pist  
Bulletin de liaison du groupe de tra  
forestier guyanais, n° 6, p. 165-183

- STEENIS C.G.G.J. van, 1956 - Rejuvenation as a factor for judging the status of vegetation types : the biological nomad theory. p. 212-215. In Study of tropical vegetation. Proceedings of Kandy Symposium, UNESCO.
- TORQUEBIAU M., 1981 - Analyse architecturale de la forêt de Los Tuxtlas (Vera Cruz), Mexique. Thèse de 3ème cycle, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 185 p.
- WHITMORE T.C., 1975 - Tropical rain forest of the Far East. Clarendon Press, Oxford, 282 p.
- WHITMORE T.C., 1978 - Gaps in the forest canopy. p. 639-659 In P.B. TOMLINSON and M.H. ZIMMERMAN, eds, Tropical trees as living systems. Cambridge, University Press.

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

FIGURES

Fig. 1 - Localisation de la zone d'étude

Fig. 2 - Histogramme des classes de surfaces de chablis

TABLEAUX

Tableau 1 - Dénombrement et calcul de la valeur moyenne par hectare et par an des chablis apparus dans quelques forêts tropicales humides.

Tableau 2 - Valeurs moyennes des surfaces suivant les types de chablis observés, au Gabon à Panama (d'après les données de BROKAW, 1982) et en Guyane.

Tableau 3 - Comparaison des taux de renouvellement forestiers pour quelques forêts tropicales humides.

RESUME

Les chablis en forêt tropicale humide, définis comme la libération d'un biovolume lors de la chute des arbres, constituent les moteurs de la sylvigénèse. Pour la forêt guyanaise (Piste de St Elie) 16 chablis représentant une surface de 2377 m<sup>2</sup> ont été dénombrés sur 21,5 hectares observés pendant un an. La comparaison de ces données avec des mesures réalisées dans d'autres forêts tropicales nous permet de discuter du taux de renouvellement forestier et de la dynamique forestière.

SUMMARY

In rain forest, the chablis phenomenon is defined as a liberation of biovolume due to tree falls. This phenomenon can be considered as a starting point of the sylvigenesis.

During one year observations in a French Guiana evergreen forest type (21,5 ha), 16 chablis have been surveyed covering a total area of 2377 sq meters.

The aim of this paper is to deal the forest turn over rate and forest dynamic processes. Our results in French Guiana are compared with those obtained in Costa Rica, Gabon, Panama and Mexico.

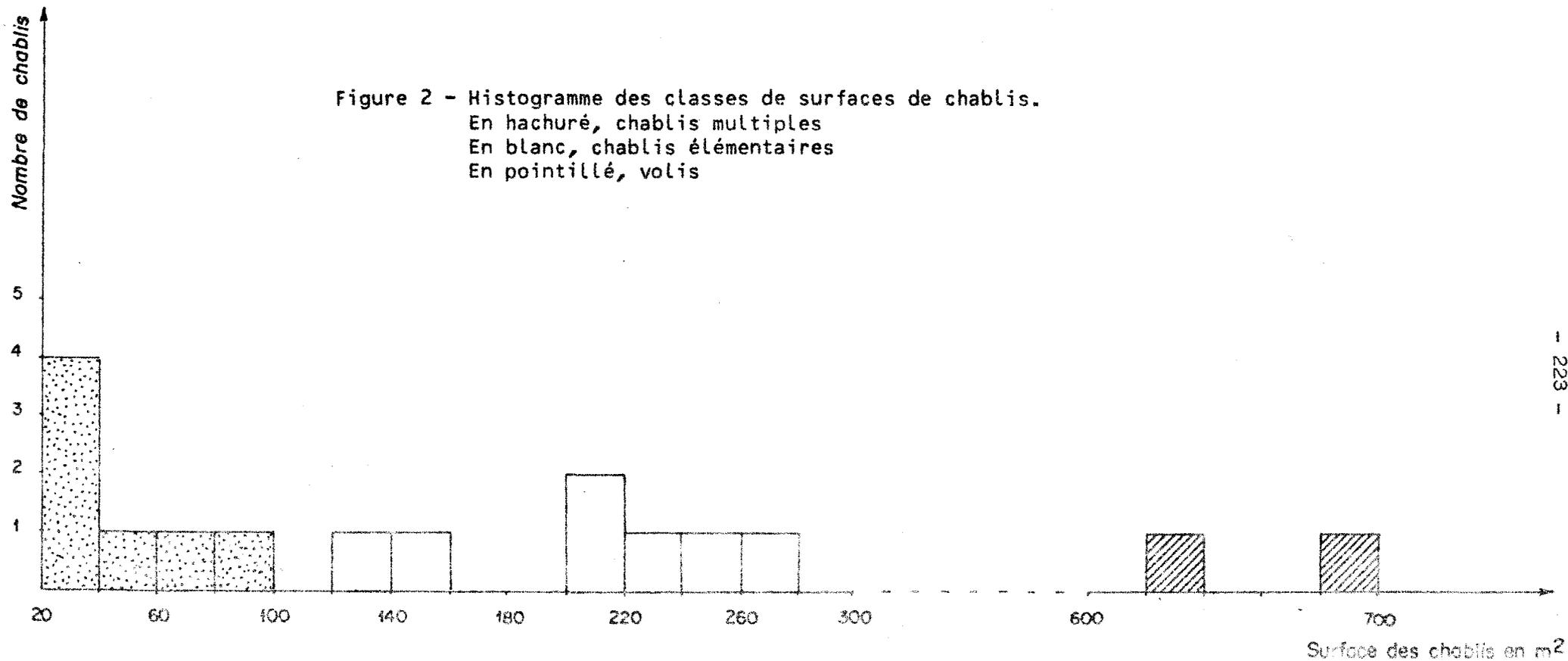


TABLEAU 1

DENOMBREMENT ET CALCUL DES VALEURS MOYENNES PAR HECTARE ET  
PAR AN DES CHABLIS APPARUS DANS QUELQUES FORETS TROPICALES

LIEU	AUTEURS	PERIODE D' OBSERVATION	SURFACE OBSERVEE	NOMBRE DE CHABLIS APPARUS	MOYENNE /ha/an
PANAMA Barro Colorado	BROKAW (1982)	38 mois			
Forêt de 70 ans		38 mois	14,6 ha	45	0,98
Forêt de 200 ans		38 mois	13,4 ha	43	1,13
COSTA RICA La Selva	HARTSHORN (1978)	6 ans	4 ha	29	1,25
		5 ans	2 ha	7	0,83
		5 ans	2 ha	13	0,72
		5 ans	4 ha	17	0,74
MEXIQUE Los Tuxtlas	TORQUEBIAU (1981)	1 an	5 ha	8	1,60
CARON Forêt de M'Passa	FLORENCE (1981)	5 ans *	35 ha	111**	0,63
GUYANE Piste de St Elie	RIERA (présente étude)				
Layons		1 an	21,5 ha	16	0,74

\* A partir d'estimation

\*\* Obtenus par estimation sur une période de 5 ans

TABLEAU 2

VALEUR MOYENNE DES SURFACES SUIVANT LES TYPES DE CHABLIS OBSERVES A BARRO COLORADO  
(d'après les données de BROKAW, 1982) AU GABON ET EN GUYANE

NATURE DU CHABLIS	AUTEURS SITES	BROKAW (1982) Barro Colorado PANAMA	FLORENCE (1981) Makohou GABON	RIERA (présente étude) Piste de St Elie GUYANE FRANCAISE
Volis		+ 40 m2	120 m2	40 m2
Chablis élémentaire		+ 165 m2	180 m2	200 m2
Chablis multiple		+ 350 m2	720 m2	660 m2

TABLEAU 3

COMPARAISON DES TAUX DE RENOUVELLEMENT FORESTIER  
POUR QUELQUES FORÊTS TROPICALES HUMIDES

AUTEURS	LIEU	VALEUR
FLORENCE, 1981	GABON	60
HARTSHORN, 1978	COSTA RICA	80 à 138
BROKAW, 1982	PANAMA	112,7
BONNIS, 1980	COTE D'IVOIRE	75 à 417
RIERA (présente étude)	Piste de St Elie Transect	90,5
	Piste de St Elie Mosaïque	85

DISSEMINATION DES GRAINES DE CERTAINES ESPECES PIONNIERES PAR LES CHAUVES SOURIS

-0-

P. CHARLES-DOMINIQUE

- {}--{}--{}--{}-

L'Amérique tropicale est particulièrement riche en Chiroptères. Les études entreprises au Surinam (HUSSON, 1966 ; WILLIAMS, S.L. et GENOWAYS, 1980) ont permis de recenser 86 espèces de Chiroptères, soit environ 50 % de la faune mammalienne. Parmi les 8 familles présentes, celle des Phyllostomatidae est représentée par des espèces animalivores, des espèces animalivores/fruugivores, des espèces frugivores/Nectarivores-pollinivores et des espèces Nectarivores-pollinivores. Le Tableau 1 représente les 25 espèces de Phyllostomatidae recensées sur la piste de Saint-Elie (liste provisoire dont la détermination de certaines espèces reste à vérifier).

La fréquence de capture au filet donne une idée approximative de l'abondance relative de ces espèces mais certaines particularités comportementales faussent les résultats. Tout d'abord, certaines espèces évitent particulièrement bien le filet. Par exemple, Lonchophylla thomasi (nectarivore-pollinivore) n'a été capturée que deux fois au filet contre 19 dans les buses de la piste de Saint-Elie (captures après fermeture des entrées de la buse pendant la journée). D'autres espèces n'ont été capturées qu'en sous-bois de forêt primaire (Rhinophylla pumilio). Comme la majorité des captures au filet ont eu lieu à ARBOCEL ou en bordure de piste (végétation pionnière), les chauves-souris strictement inféodés à la grande forêt échappent aux contrôles.

Dans les zones en régénération, 80 % des captures (538/666) concernent quatre espèces : Artibeus literatus (50 à 70 g), Sturnina liliium (20 à 30 g), Carollia perspicillata (12 à 20 g) et Glossophaga soricina (8 à 11 g).

Régimes alimentaires des espèces les plus courantes

Les régimes alimentaires ont été déterminés par analyse des feces recueillies au moment de la capture au filet (188 échantillons). Les graines et pollens ont été comparés à des échantillons d'origine connue.

Il faut cependant remarquer que le transit digestif est extrêmement court chez ces espèces (5 à 10 minutes) ; on a donc une idée précise des aliments consommés dans la zone de capture (essentiellement ARBOCEL) mais les repas pris avant la capture, parfois en forêt primaire, passent le plus souvent inaperçus par ce mode d'observation. De plus, certains fruits à grosses graines dont seule la pulpe est ingérée, sont impossibles à déterminer à partir de feces (ces types de fruits n'existent pas à ARBOCEL).

TABLEAU 1

	Av. Bras (mm)	Nombre Captures	Régime Principal
<i>Phyllostomus hastatus</i>	85	4	Fr.-An.
<i>Phyllostomus elongatus</i>	65	7	Fr.-An.
<i>Artibeus lituratus</i>	65	44	Fr.
<i>Trachops cirrhosus</i>	55	1	An.
<i>Tonatia (bidens ?)</i>	54	1	An.
<i>Anthorhina crenulata</i>	49	1	An.
<i>Chiroderma vilosum</i>	46	1	Fr.
<i>Sturnira lilium</i>	42	118	Fr.
<i>Uroderma bilobatum</i>	42	6	Fr.
<i>Artibeus cinereus</i>	41	26	Fr.
<i>Carollia perspicillata</i>	41	322	Fr.
<i>Vampirops helleri</i>	38	7	Fr.
<i>Macrophyllum macrophyllum</i>	36	5	An.
<i>Lonchoglossa caudifer</i>	36	15	Fl.
<i>Pygoderma bilobatum</i>	36	1	Fr.
<i>Tonatia (brasiliensis ?)</i>	36	1	An.
<i>Micronycteris</i> sp.	34	3	An.
<i>Glossophaga soricina</i>	34	54	Fl.-Fr.
<i>Choeroniscus minor</i>	34	1	Fl.
<i>Rhinophylla pumilio</i>	33	29	Fr.-Fl.
<i>Ametrida centurio</i>	32	6	Fr.-Fl.
( <i>Vampyressa brocki ?</i> )	32	2	Fr.
<i>Lonchophylla thomasi</i>	31	4	Fl.
Non déterminée	31	5	Fl.
<i>Ametrida minor</i>	25	1	Fr.-Fl.

Les résultats présentés ici sont donc relatifs au comportement alimentaire des Chauves-Souris Phyllostomatidae les plus communes dans les zones en régénération forestière. Le Tableau 2 indique, pour chacune des 4 espèces retenues, la fréquence de rencontre des trois principaux éléments (fruits, pollen et insectes) dans les feces.

- Les insectes sont des toutes petites espèces probablement capturées sur les fleurs au moment de la collecte du nectar et du pollen.

- Les pollens n'ont une réelle importance que pour Glossophaga soricina. Dans 64 % des cas (27/42), il s'agissait de pollen d'Eperua facilement reconnaissable.

- Seulement 5 % des feces (8/157) avec des fruits contenaient de la pulpe sans graines (probablement de fruits à grosses graines de la forêt primaire), mais ce chiffre ne reflète pas la réalité puisque le transit digestif est très bref. En revanche, 82 % (129/157) des restes de fruits ont pu être identifié par leurs graines appartenant à 4 genres et 10 espèces : Cecropia (obtusa); Solanum (rugosum, asperum, leucocarpon et subinerme) ; Vismia (guyanensis, latifolia et sessilifolia) ; Piper (2 spp.). Dans 12 % des cas (20/157), des graines non identifiées, appartenant à 10 espèces, ont été trouvées.

Les 4 genres Cecropia, Solanum, Vismia et Piper constituent donc la principale source de nourriture de Carollia perspicillata, Sturnira lilium et Artibeus lituratus quand ces chauves-souris quittent la forêt primaire pour s'alimenter dans les zones en régénération.

Le tableau 3 montre que les 3 espèces les plus frugivores sont spécialisées sur certaines plantes : Artibeus l. sur Cecropia o., Sturnira sur Solanum et Piper, Carollia sur Vismia, Solanum et Piper.

#### Compétition avec d'autres Vertébrés frugivores

La compétition avec les Vertébrés diurnes (principalement les oiseaux) n'est pas très importante car chaque groupe est plus ou moins spécialisé sur un certain nombre d'espèces végétales (par exemple Cecropia sciadophylla et Solanum argenteum sont principalement consommés par les oiseaux, jamais par les chauves-souris).

Des comptages faits le matin et le soir sur quelques espèces en fructification, consommés habituellement par les chauves-souris, ont montré que la majorité des fruits disparaissent de nuit :

- . Cecropia obtusa : 83 % de nuit, 17 % de jour,
- . Solanum rugosum : 97 % de nuit, 3 % de jour,
- . Piper sp. (liane) : 93 % de nuit, 7 % de jour,
- . Vismia guyanensis : 94 % de nuit, 6 % de jour.

TABLEAU 2

ESPECES	% FRUITS	% POLLEN	% INSECTES
Glossophaga soricina	33	50	17
Carollia perspicillata	80	17	3
Sturnira lilium	80	20	0
Artibeus lituratus	88	12	0

TABLEAU 3

ESPECES	CRECOPIA obtusa	VISMIA spp	SOLANUM spp	PIPER spp	AUTRES
Glossophaga soricina	0	+	0	0	
Carollia perspicillata	0	33	33	22	
Sturnira lilium	1	1	50	21	27
Artibeus lituratus	60	0	0	0	40

A partir de ces données, on peut estimer que les trois espèces de chauves-souris Artibeus l., Carollia p. et Sturnira l. sont les "partenaires" principaux des espèces pionnières considérées et leurs principaux disséminateurs (les marsupiaux n'interviennent que dans une faible mesure dans la consommation de ces fruits).

#### Densités de populations, distances parcourues

Ces éléments sont importants à considérer si l'on veut apprécier l'impact des Chiroptères sur la dissémination des graines. Malheureusement, la mobilité de ces animaux rend difficile les dénombrements des populations par les techniques habituellement utilisées pour d'autres types de vertébrés.

Le marquage de 297 Carollia p., 110 Sturnira l. et 44 Artibeus l. par des amputations de phalanges et maintenant par la pose de bagues numérotées en plastique, n'a permis qu'un petit nombre de recaptures : 17 Carollia et 6 Sturnira. Ce faible rendement des recaptures est dû en grande partie à la méfiance des animaux qui évitent assez bien les filets après une première expérience. A titre d'exemple, 6/18 Carollia p. capturées dans la buse proche du carbet C.T.F.T. (Km 15) étaient marquées alors qu'elles échappaient aux filets tendus tous les soirs dans les environs. Maintenant que la technique de baguage est bien au point, un programme intensif de marquage est prévu prochainement à ARBOCEL et dans les environs. Provisoirement, on peut estimer très approximativement qu'une population de l'ordre du millier d'individus exploite cette zone. L'utilisation du radio-tracking a montré que certains individus éloignés (1 à 3 km) ne viennent rendre visite à ARBOCEL que quelques heures par nuit, et quelques jours par semaine. D'autres, dont le gîte est plus proche, se nourrissent presque exclusivement sur ARBOCEL.

#### Le "pluie de graines"

Contrairement aux oiseaux qui défèquent principalement lorsqu'ils sont perchés, les Chiroptères attendent d'être en vol pour déféquer. Cette différence de comportement induit donc une dissémination des graines par petites quantités à la fois et dans des zones pouvant être dépourvues de végétation. Nous avons donc disposé des collecteurs de plastique de 1 m x 3 ou 1 m x 6 m tendus à un mètre du sol, contrôlés le matin et le soir. Les résultats présentés au Tableau 4 résument les collectes de 1174 jour/lm<sup>2</sup> totalisant 2012 graines. Ces données sont très approximatives car les résultats sont hétérogènes : il faudrait pouvoir poursuivre ces collectes pendant de longues périodes en multipliant les collecteurs. On peut cependant remarquer qu'un emplacement trop éloigné de la végétation (50 mètres, carrière de latérite du Km 15) semble éviter par les chauves-souris qui préfèrent longer les lisières.

Les zones dites à découvert, c'est-à-dire à ciel ouvert, non surmontées par des branches, ont permis de recueillir 10 graines/10m<sup>2</sup>/nuit et aucune de jour (dû à la différence du comportement de défécation entre oiseaux et chauves-souris). Par contre, les endroits sous couverts ont recueilli des feces avec graines, de jour comme de nuit.

Le Tableau 4 montre que Cecropia sciadophylla n'est recueilli que sous couvert (essentiellement consommé par les oiseaux) ; les 6 espèces non déterminées collectées de jour sont différentes des 4 espèces non déterminées collectées de nuit.

ARBOCEL représente une situation artificielle et l'interprétation des données obtenues doit se faire en tenant compte des situations les plus courantes existant dans le milieu naturel. Beaucoup d'espèces végétales pionnières poussent le long des cours d'eau et dans les chablis. Il est probable que les chauves-souris exploitent la bordure de piste comme elle le font pour les bordures de rivière mais ARBOCEL a dû "fixer" un grand nombre d'animaux qui se trouvent à des concentrations sans doute anormalement élevées. Ces suppositions restent à vérifier par une étude comparative en grande forêt.

Un autre aspect de la Chiroptérochorie est en cours d'étude, il concerne le transport de fruits à grosses graines (Monorobea, Symphonia, nombreuses Chrysobalanacées, certaines Lécythidacées, etc...) à plusieurs centaines de mètres du pied mère. En des endroits particuliers de la forêt (emplacement à bonne visibilité pour la détection de prédateurs éventuels), l'animal ronge la pulpe et laisse tomber la graine. Ce comportement qui a été observé en grande forêt mais aussi à ARBOCEL joue un rôle considérable dans l'enrichissement des jeunes recrûs en espèces de la grande forêt.

TABLEAU 4

EMPLACEMENT DES COLLECTEURS	TEMPS (JOURS)	SURFACE (m <sup>2</sup> )	Total Graines		N/10m <sup>2</sup> /24 h		N/10m <sup>2</sup> /24 h	
			JOUR		JOUR		JOUR	
			NUIT		NUIT		NUIT	
DECOUVERT, 50 m DE LA VEGETATION	45	6	0	0	0	0	0	0
DECOUVERT, 5 à 10 m DE LA VEGETATION	17	1,7	0	271	0	83		
	18	6	0	50	0	4,6	0	10
	34	6	0	139	0	6,8		
	34	6	0	154	0	7,5		
DECOUVERT, DANS PETIT CHABLIS	54	3	0	85	0	5,2	0	5,2
COUVERT, SOUS BROUSSAILLES	11	3	35	494	10,6	149,7	7	65
	11	6	32	258	4,8	39		
COUVERT, SOUS GRANDS ARBRES CLAIRSEMES	11	3	110	20	33	6	45	15
	11	6	215	149	32,5	22,5		
TOTAL	1175 J/m <sup>2</sup>		392	1620			3,3	13,8

TABLEAU 5

	JOUR	NUIT
DECOUVERT		Solanum rugosum ..... 239
		Solanum leucocarpon .... 44
		Solanum subinerme ..... 1
		Cecropia obtusa ..... 243
		4 espèces non déterm. ... 56
COUVERT	Piper sp..... 189	Piper sp..... 605
	Cecropia obtusa ..... 83	Cecropia obtusa ..... 152
	Cecropia sciadophylla . 79	Solanum rugosum ..... 6
	Ficus sp..... 63	Solanum leucocarpon .... 4
	6 espèces non déterm. 46	Solanum subinerme ..... 4
		4 espèces non déterm.... 28

HETEROGENEITE DE LA VEGETATION PIONNIERE EN FORET TROPICALE HUMIDE :  
EXEMPLE D'UNE COUPE PAPETIERE EN FORET GUYANAISE

-o-

H. de FORESTA  
Laboratoire de Botanique  
U.S.T.L. - MONTPELLIER -

-|--=|==|==|--|--

INTRODUCTION

La Guyane française représente une surface d'environ 90 000 km<sup>2</sup> dont plus de 90% est occupée par la forêt tropicale humide. L'exploitation de cette forêt est encore minime, mais les projets du Plan Vert (1975), progressivement abandonnés pour cause de non rentabilité, prévoyaient la plantation massive d'une industrie papetière fondée sur l'utilisation de quasi-totalité des espèces forestières -trois permis de 300 000 ha avaient été accordés. Le reboisement des surfaces exploitées devait être assuré partie par des plantations d'espèces à croissance rapide utilisable pour la production de pâte à papier- Pins et Eucalyptus essentiellement -, en partie par la régénération naturelle.

Dans le but de fixer le coût des opérations d'exploitation, une parcelle de forêt primaire d'une surface de 10 ha, située à une vingtaine de kilomètres au nord-ouest de Sinnamary, était coupée à titre expérimental en 1976, dans des conditions simulant celles d'une exploitation papetière. La parcelle ARBOCEL, du nom de la compagnie qui avait effectué les travaux, était étendue peu après à 25 ha par le C.T.F.T. en vue de suivre la régénération naturelle à long terme dans l'hectare central, censé être à l'abri de tout effet de lisière. Cette parcelle constitue actuellement l'un des terrains d'étude de l'opération pluridisciplinaire ECEREX (on trouvera une présentation de cette opération dans SARRAILH, 1980), ainsi que le lieu de travail d'une A.T.P. initiée en 1981 sur le thème "Régénération forestière et interaction animaux-végétaux".

En zone de forêt tropicale humide, la colonisation des déboisements s'opère très rapidement par l'envahissement d'herbacées, formant une phase plus ou moins marquée, puis d'arbres héliophiles -les mêmes espèces pionnières qui assurent la cicatrisation rapide des trouées forestières naturelles-qui, s'il n'intervient pas d'autre perturbation, cède la place (20-25 ans) aux espèces plus particulièrement forestières (cf. par exemple : SYMINGTON, 1933 ; ROSS, 1954 ; BUDOWSKI, 1961).

Les travaux concernant la régénération en forêt guyanaise sont encore peu nombreux : OLDEMAN (1974) souligne l'importance des "bois-canon" (*Cecropia* spp.) dans la colonisation des défrichements ; LESCURE (1978), analysant les différentes phases architecturales de la régénération, retrouve le schéma successional décrit ci-dessus ; MAURY (1979) et SASTRE (1980), travaillant sur la parcelle ARBOCEL, notent la dominance des "bois-canon" parmi les arbres pionniers, ainsi que l'importance de la fougère *Pityrogramma calomelanos* sur les zones ayant subi un feu intense ; CHARLES-DOMINIQUE et al. (1981) analysent les relations entre vertébrés et végétation, notamment au niveau de la dispersion des semences, dans une forêt secondaire déjà âgée ; enfin, PREVOST (1981) montre l'existence, en forêt primaire voisine de la parcelle ARBOCEL, d'un important réservoir de graines dormantes d'espèces pionnières dans le sol forestier.

Dans ce contexte, l'étude de la régénération naturelle sur la parcelle ARBOCEL est orientée ici vers un aspect relativement peu abordé jusqu'à présent, celui de l'hétérogénéité du recrû ; cette étude révèle en effet, trois ans et demi après la coupe, la coexistence de plusieurs types de végétation, présentés et analysés en détail ailleurs (de FORESTA, 1981). Le but du travail présenté ici est de tenter de cerner au mieux la diversité de ces types de végétation, de déterminer leurs cadres floristiques respectifs, et enfin, de rechercher les causes d'une telle hétérogénéité. La connaissance de ces causes devrait en effet permettre, dans le cas d'exploitations ultérieures de même type -coupe intégrale- à grande échelle, d'agir de façon à favoriser le type de régénération le plus intéressant.

#### Situation

La parcelle ARBOCEL se trouve en bordure de la piste de Saint-Elie (km 14), incluse dans une zone de forêt dense sur petites collines et plateaux, d'altitude (40-50 m) et de pente (20-30% maximum) faibles.

Le climat, avec une température moyenne annuelle de 25°8 C et des variations mensuelles faibles, est essentiellement caractérisé par l'alternance d'une saison sèche d'environ 3 mois (généralement d'Août à Novembre) et d'une saison des pluies couvrant le reste de l'année (BOYE et al., 1979). A titre d'exemple (km 16 de la piste de Saint-Elie), il est tombé en 1980 un total de 3 190 mm de pluie, avec un maximum en Mai (636 mm) un premier minimum en Février (28 mm) correspondant à un fléchissement temporaire des précipitations -le "petit été de Mars"- fréquemment observé en Guyane, et un deuxième minimum en Septembre (42 mm) (C.T.F.T., comm. pers.).

Le sol est dans cette région un sol ferrallitique sur schistes, de fertilité médiocre (BLANCANEUX, 1979), caractérisé par la coexistence de 2 types de drainage (BOULET, 1978) : drainage vertical libre, et drainage vertical bloqué associé à une dynamique de l'eau superficielle et latérale. Sur ARBOCEL, tous les sondages pédologiques réalisés (de FORESTA, 1981) indiquent que l'on a affaire en bas-fond à des sols typiquement hydro-morphes, et ailleurs à des sols à drainage vertical bloqué. Il faut noter

que ce type de sol, d'une part est associé à un enracinement superficiel des arbres en forêt primaire (HUMBEL, 1978), d'autre part que ses caractéristiques physiques sont fortement perturbées par un défrichement mécanisé, avec pour résultat l'accentuation de la sécheresse du sol en saison sèche et l'engorgement en saison des pluies (BOULET et al., 1979).

La forêt de la piste de Saint-Elie est considérée comme une forêt "primaire" ; la voûte irrégulière culmine à 30-35 m, ponctuée d'arbres émergents, pouvant atteindre 45-50 m. Ses principales caractéristiques structurales sont une densité moyenne de 217 arbres par hectare et une surface terrière (aire basale) moyenne de 21,7 m<sup>2</sup>/ha, pour les diamètres supérieurs à 20 cm (LESCURE, 1981) ; enfin, la phytomasse épigée sèche moyenne est estimée à 250 tonnes/ha (LESCURE et al., 1983). Du point de vue floristique, cette forêt est dominée par 3 familles en ce qui concerne les arbres de gros diamètre, les Lecythidaceae, les Caesalpiniaceae et les Chrysobalanaceae (LESCURE, 1981) ; les petits diamètres, quant à eux, sont essentiellement représentés par les Violaceae, les Annonaceae et Myristicaceae, familles regroupant la majeure partie des arbres des étages inférieurs (PUIG et LESCURE, 1981).

Ce cadre géographique, climatique, pédologique et floristique étant posé, les conditions du défrichement de la parcelle étudiée peuvent se résumer comme suit, (d'après GUIRAUD, 1979) :

- l'exploitation expérimentale sur les 10 ha centraux a eu lieu en Juillet-Août 1976. Les pistes de débardage étaient ouvertes au tracteur à chenille et légèrement terrassées ; ceci, ajouté au transport des grumes, a eu pour résultats, sur ces pistes, la perte de l'horizon humifère ainsi qu'une forte compaction du sol sous le poids des engins. Tous les arbres étaient coupés à la scie à chaîne et débardés, à l'exception des Chrysobalanaceae dont le bois est impropre à la fabrication de pâte à papier.
- Le défrichement complémentaire a eu lieu en Août-Septembre 1976 ; les Chrysobalanaceae encore sur pied, ainsi que tous les arbres d'une bande de 100 m de large entourant les 10 ha centraux étaient tronçonnés à la scie à chaîne et laissés en place.
- Enfin, en Octobre 1976, et par deux fois, le feu traversait l'ensemble de la parcelle, probablement allumé par des agriculteurs traditionnels...

Au total, il ne s'agit pas là d'un défrichement brutal, la compaction du sol étant limitée aux pistes de débardage (environ 5% de la surface de la parcelle) ; mais il faut noter que les feux ultérieurs à la coupe, en raison de leurs différences locales d'intensité, introduisent un élément important d'hétérogénéité dans le milieu, de par la juxtaposition de zones peu brûlées et de zones fortement brûlées.

## Analyse de l'hétérogénéité

### 1 - Méthodes d'étude

Deux transects perpendiculaires de 2 m de largeur ont été étudiés par placettes élémentaires de 4 m<sup>2</sup>, sur une longueur totale de 912 m, soit une surface échantillonnée de 1 824 m<sup>2</sup>.

Tous les individus ligneux de diamètre à 1,30 m (D.B.H.) supérieur à 1 cm ont été marqués (2 243 arbres et arbustes), cartographiés (plan et profil structural) ; chaque pied était mesuré (D.B.H., Hauteur totale et hauteur du niveau inférieur du volume feuillé), et, dans la mesure du possible, identifié (124 espèces d'arbres et arbustes). Enfin, chacun des types de végétation a fait l'objet d'une évaluation de la phytomasse aérienne : 10 parcelles de 25 m<sup>2</sup> ont été échantillonnées de manière exhaustive (coupe, phytomasse à l'état frais, phytomasse à l'état sec).

### 2 - Caractérisation physiologique des types de végétation

Les critères retenus, sur lesquels est fondé le découpage de la végétation en éléments (GOUNOT, 1956) de physiologie homogène, sont les suivants :

#### . Proportions respectives de ligneux et d'herbacées

- Les groupements<sup>\*</sup> herbacés sont définis par un tapis herbacé continu et par un recouvrement négligeable des ligneux (inférieur à 5%).
- Les groupements mixtes sont définis par la superposition d'une strate arborée à recouvrement voisin de 100% et d'une strate herbacée à recouvrement important (70 à 100%).
- Les groupements ligneux, enfin, correspondent à un recouvrement arboré important, associé à un recouvrement herbacé faible ou nul (inférieur à 5%).

#### . Structure horizontale de la végétation

- Le groupement est dit ouvert lorsque le recouvrement total est largement inférieur à 100% (structure en agrégats de végétation isolés par du sol nu) ; il est défini comme fermé si le recouvrement est voisin de, ou égal à, 100%.

---

\* Les éléments de physiologie semblable sont regroupés en ensembles, appelés ici indifféremment types de végétation ou groupements.

### Structure verticale de la végétation

Elle est caractérisée par le nombre et la hauteur des strates, le terme de strate étant ici employé dans le sens de volume foliaire horizontal compris entre certaines limites inférieure et supérieure de hauteur.

Ces trois critères permettent, trois ans et demi après la coupe, de différencier dix groupements (figure 1) qui vont du sol quasi-nu, à une végétation déjà bien structurée, fermée, avec une strate supérieure claire atteignant 10-11 m, et une strate inférieure dense atteignant 7-8 m.

### 3 - Analyse structurale et floristique des différents types de végétation

Les groupements définis par les critères physiologiques ci-dessus présentent des caractéristiques structurales (Tableau 1) qui les différencient nettement les uns des autres, tant aux points de vue densité ou aire basale qu'au point de vue phytomasse. Il faut noter l'amplitude considérable de la phytomasse qui, pour un même âge, varie de 6 tonnes/ha à 40 tonnes/ha, soit un rapport de 1 à 7. A titre de comparaison, SNEDAKER (1980) au Guatemala, évalue la phytomasse épigée sèche à 23 t/ha à 3 ans et 27 t/ha à 4 ans, chiffres à rapprocher de la valeur moyenne sur la parcelle ARBOCEL à 3,5 ans, évaluée à 22 t/ha (de FORESTA, 1981). La figure 2 donne une image schématique de la succession spatiale des éléments de végétation le long de l'un des transects.

Les relations entre physiologie et floristique sont claires dans le cas des groupements herbacés : ils sont caractérisés par l'abondance de *Pityrogramma calomelanos* (L.) Link. (Pteridaceae) pour le groupement herbacé bas (B), et de *Acrostichum aureum* (L.) (Adiantaceae) pour le groupement herbacé haut (C).

Le problème de la caractérisation floristique des groupements ligneux est plus complexe. L'analyse globale des deux transects montre la prédominance de quinze espèces d'arbres (Tableau 2), qui regroupent à elles seules 85% de l'effectif total ; par ailleurs, aucune autre espèce ne contribue pour plus de 2% à l'effectif d'un groupement. C'est donc dans les variations quantitatives de la distribution de ces 15 espèces qu'il faut chercher les clefs floristiques de la diversité structurale et physiologique des groupements ligneux.

Cinq paramètres ont été utilisés dans l'analyse qui suit : il s'agit de la densité, de l'aire basale, des fréquences absolues et relatives (calculées à partir des placettes élémentaires de 4 m<sup>2</sup>), ainsi que d'une fréquence pondérée (GODRON, 1965) introduite par SARUKHAN (1968) l'indice de dominance ; cet indice est fondé sur la combinaison de trois paramètres : I.D. = fréquence relative x densité x aire basale, et fournit une image synthétique de l'importance écologique globale d'une espèce dans un type de végétation donné (SARUKHAN, 1968).

Quel que soit le paramètre utilisé, deux groupements, G et D, se différencient nettement de tous les autres, par l'importance de deux arbustes, *Solanum subinerme* et *Solanum rugosum*, ainsi que par l'importance minime de *Cecropia obtusa* ; D se distingue de G par l'existence d'une strate herbacée dominée par *Pityrogramma calomelanos*.

Une analyse factorielle des correspondances, utilisant l'indice de dominance comme paramètre, permet de préciser la variabilité interne et le cadre floristique des autres groupements ligneux (figures 3 et 4) :

- E est caractérisé par la dominance de *Vismia sessilifolia* au sein de la strate arborée, ainsi que par l'existence d'une strate herbacée dominée par *Rapatea paludosa*.
- J est caractérisé par l'importance de *Cecropia sciadophylla* dans la strate supérieure, et de *Goupia glabra* dans la strate inférieure.
- H s'en distingue par l'importance de *Laetia procera* et de *Vismia guianensis*.
- I est caractérisé par la présence exclusive de *Cecropia obtusa* dans la strate supérieure, et par l'importance dans la strate inférieure de *Vismia sessilifolia* associé à l'une ou l'autre des 4 espèces : *Isertia spiciformis*, *Loreya mespiloides*, *Miconia fragilis* et *Solanum salviaefolium*, ces dernières ayant dans les autres groupements une faible contribution.
- F, enfin, apparaît comme une variante structurale de l'un ou l'autre des groupements H, I ou J ; ce dernier type de végétation ne présente donc d'unité qu'au plan structural (Agrégats de végétation séparés par du sol nu).

Les différences physiologiques entre les dix groupements apparaissent en fin de compte comme le reflet de différences dans la distribution des principales espèces pionnières. Diverses études récentes (BOERBOOM, 1974 ; de FORESTA, 1981 ; UHL et al., 1981 ; ZWETSLOOT, 1981) montrent, d'une part, que l'installation de la première phase arborée après défrichement en forêt tropicale humide est très rapide (2-3 mois), et, d'autre part, que le nombre d'arbres s'introduisant par la suite au sein de cette phase dans les premières années est très restreint : ZWETSLOOT (1981), au Surinam, note que la très grande majorité des individus survivant 11 ans après la coupe étaient déjà établis dans les premiers mois suivant le défrichement. Ces observations, associées à celle de l'existence, sur ARBOCEL, d'un très petit nombre de tiges de D.B.H. inférieur à 1 cm, permettent de penser que les différents groupements ligneux sont contemporains ou presque.

Ainsi, la recherche des causes de l'hétérogénéité de la régénération naturelle, trois ans et demi après la coupe, se ramène à la recherche des conditions initiales ayant présidé à l'installation des divers types de végétation.

Conditions initiales de la régénération - Analyse des causes de l'hétérogénéité

Au moment d'un défrichement, les "forces" floristiques, entrant en compétition pour la colonisation de l'espace libéré, peuvent être regroupées en trois ensembles (la terminologie adoptée ici est celle d'ALEXANDRE, 1980).

- Le potentiel extérieur est formé des diaspores susceptibles d'envahir le site et de s'y implanter ; cet ensemble est caractérisé par la lenteur relative de son implantation (CHEKE A.S. et al., 1979 ; UHL et al., 1981 ; PREVOST, 1981), mais aussi par sa constance temporelle.
- Le potentiel végétatif est constitué des rejets et drageons, ainsi que des plantules survivant au défrichement.
- Le potentiel séminal édaphique, ou réservoir de graines du sol, comprend des graines d'espèces de forêt primaire et des graines dormantes d'espèces pionnières. L'existence d'un réservoir de graines d'espèces pionnières dans le sol des forêts tropicales humides est maintenant largement démontré (SYMINGTON, 1933 ; AUBREVILLE, 1947 ; KEAY, 1960 ; LIEW, 1973 ; GUEVARA SADA et GOMEZ-POMPA, 1972 ; CHEKE et al., 1979 ; PREVOST, 1981 ; UHL et al., 1981 ; HOLTHUIJZEN et BOERBOOM, 1982). Ces espèces, typiquement héliophiles, ne se développent qu'au niveau de trouées forestières suffisamment grandes pour occasionner un bouleversement des conditions microclimatiques -augmentation de la quantité de lumière, transformation qualitative du spectre lumineux, et augmentation de l'amplitude des écarts diurnes de températures- (HALLE et al., 1978 ; HARTSHORN, 1978, 1980 ; FLORENCE, 1981).

Dans le cas d'un défrichement, les plantes pionnières, issues principalement du potentiel séminal édaphique, dominent la première phase arborée de la régénération, en raison de la rapidité de leur réaction au bouleversement microclimatique et de leur compétitivité vis-à-vis des espèces de forêt primaire.

Sur la parcelle étudiée, les feux qui ont suivi le défrichement ont eu pour effet la création d'un paysage en mosaïque de troncs et souches plus ou moins calcinés, de sol plus ou moins recouvert de cendres, et de zones visiblement peu brûlées. Les traces encore visibles au moment de l'étude permettent d'expliquer en grande partie l'existence des différents types de végétation, et leur répartition :

- Sur les pistes de débardage, la compaction du sol a eu pour effet la destruction du potentiel végétatif et du potentiel séminal édaphique ; les quelques traces de colonisation proviennent donc de graines et spores du potentiel extérieur, capables de se développer sur ce sol perturbé aux conditions hydriques très défavorables (BETSCH et al., 1980).

- Ailleurs, c'est le feu qui, jouant sur le matériau ligneux à terre, a déterminé les conditions favorisant l'un ou l'autre des potentiels. Ainsi, là où le feu a été faible (groupements E, H, I et J), les types de végétation résultent essentiellement de la compétition entre les espèces du potentiel séminal édaphique ; des différences locales dans la composition de cet ensemble pourraient expliquer les différences entre H, I et J, le groupement E étant, lui, inféodé aux conditions d'hydromorphie associées aux bas-fonds.

En zone de forêt tropicale humide peu ou pas perturbée par l'homme, un feu intense a pour effet la destruction du potentiel végétatif (KARTAWINATA et al., 1980 ; UHL et al., 1981), ainsi que celle du potentiel séminal édaphique, qu'il s'agisse des graines d'espèces forestières (BRINKMAN et VIEIRA, 1971) ou des graines d'espèces pionnières (LOPEZ-QUILES et VASQUEZ-YANES, 1976 ; UHL et al., 1981). Ainsi, là où le feu a été intense (groupements B, C, D, F et G), les types de végétations résultent, soit de l'expression du potentiel séminal édaphique localement protégé, le potentiel extérieur envahissant progressivement l'espace laissé libre (groupement F), soit de l'expression du seul potentiel extérieur (groupements C et B, D, G) ; le groupement C est inféodé aux bas-fonds ; les groupements B, D et G correspondent, quant à eux, aux phases d'une même série successionale, comme le montre la présence de plantules de *Solanum* dans les éléments de B où certains *Pityrogramma* commencent à mourir, et la présence de *Pityrogramma* mortes sous la strate arbustive de *Solanum* en G, le groupement D étant intermédiaire avec une strate herbacée à *Pityrogramma* et une strate arbustive à *Solanum*.

## DISCUSSION

La tendance générale des successions dans la zone tropicale humide est à un retour progressif à la forêt ; la durée de ce retour n'est pas connue, mais on l'estime le plus souvent à plusieurs dizaines d'années, voire quelques centaines d'années. Il peut être considérablement ralenti, voire bloqué, par des perturbations anthropiques (BUDOWSKI, 1966 ; KELLMAN, 1980), mais aussi par le développement localisé d'une espèce agressive (KOCHUMMEN et NG, 1977 ; ZWETSLOOT, 1981).

Dans une optique déterministe, on peut considérer que le rôle essentiel de la végétation pionnière est de créer les conditions microclimatiques et édaphiques favorables à l'installation des espèces de forêt primaire. Or, dans cette optique, les potentialités des types de végétation présents sur la parcelle étudiée se révèlent très différentes :

. La végétation des pistes de débardage -groupement A- témoigne de conditions édaphiques particulièrement perturbées, et constitue actuellement une phase de blocage que l'on doit interpréter comme une mise en garde contre d'éventuels projets de défrichement entièrement mécanisé ; on peut noter qu'en Septembre 1982, soit 6 ans après la coupe, la situation sur ces pistes de débardage n'a pratiquement pas évolué.

. Les groupements B, C, D et G correspondent à un ralentissement très net de la dynamique successionnelle, associé à un feu intense ayant suivi de peu la coupe.

. Le groupement F présente une mosaïque de conditions microclimatiques bien différentes : la présence de plantules d'espèces forestières sous l'ombrage des agrégats de végétation indique qu'une évolution localisée est possible ; la conquête progressive, mais très lente, des zones de sol nu pourrait résulter essentiellement de l'accroissement des surfaces recouvertes par les agrégats de végétation.

. Les groupements E, H, I et J, peu ou pas perturbés par le feu, tous quatre relativement riches en plantules d'espèces forestières et disposant d'un feuillage suffisamment dense, semblent être les seuls à avoir réuni des conditions favorables à l'installation d'espèces de forêt primaire.

Enfin, il faut signaler que ce sont les éléments de J, situés en lisière de forêt primaire, qui présentent la plus forte abondance de plantules forestières (de FORESTA, 1981). Ainsi, s'il n'existe pas d'effet de bordure dans la colonisation initiale d'un défrichement non brûlé (effet négligeable à l'échelle d'une coupe de plusieurs hectares, car limité à une étroite bande de quelques mètres à la limite forêt-défrichement), en raison de la prépondérance du potentiel végétatif et du potentiel seminal édaphique, il n'en est pas de même en ce qui concerne la colonisation ultérieure par les espèces forestières, qui, statistiquement, progressent de la périphérie vers le centre, à une vitesse d'autant plus lente que les dimensions du défrichement sont plus importantes. Pour assurer une intensité suffisante à cet effet de lisière, WEBB (cité par LAMB, 1980) recommande une surface maximale, pour les parcelles élémentaires exploitées, de 20 à 40 ha.

## CONCLUSION

L'analyse de l'hétérogénéité de la végétation pionnière sur la parcelle ARBOCEL permet de mettre en évidence trois faits importants qui devraient être pris en considération lors d'une exploitation ultérieure de la forêt en Guyane française par la technique des coupes à blanc :

- Un défrichement entièrement mécanisé, faisant appel à des engins lourds, crée des conditions très défavorables à la croissance des arbres, comme en témoigne l'absence de régénération sur les pistes de débardage. BOULET et al. (1979), ont déjà souligné les dangers de défrichement de ce type en Guyane française.
- Le feu entraîne un ralentissement accusé de la dynamique successionnelle et doit donc être évité lorsque le reboisement doit être assuré par des plantations d'espèces à croissance rapide, le feu pourrait avoir un effet positif, en réduisant la compétition dans les premiers temps de la croissance des plants, par l'intermédiaire de la destruction des plantules préexistantes et des graines du sol forestier.
- Enfin, toujours dans le cas où le reboisement doit être assuré par la régénération naturelle, les caractéristiques de la colonisation par les espèces de forêt primaire parlent en faveur d'une exploitation en mosaïque de parcelles élémentaires de surface relativement faible (20 à 40 ha), englobées dans des zones de forêt primaire suffisamment importantes pour assurer un approvisionnement en graines d'espèces forestières. Un enrichissement de la régénération naturelle pourrait, par ailleurs, être envisagé à relativement peu de frais, par la plantation d'espèces issues de la forêt primaire laissée en place, sous le couvert de la végétation pionnière.





B I B L I O G R A P H I E

---

- ALEXANDRE D.-Y., 1982 - Aspects de la régénération naturelle en forêt dense de Côte d'Ivoire.  
*Candollea* 37 : 579-588.
- AUBREVILLE A., 1947 - Les brousses secondaires en Afrique équatoriale.  
*Bois et Forêts des Tropiques* 2 : 21-35.
- BETSCH J.-M., KILBERTUS G., PROTH J., BETSCH-PINOT M.-C., COUTEAUX M.-M., VANNIER G., VERDIER B., 1980 - Effets à court terme de la déforestation à grande échelle de la forêt dense humide en Guyane française sur la microfaune et la microflore du sol.  
*in* : Proc. VII Intern. Coll. Soil. Zool. Washington, 472-490.
- BLANCANEAUX Ph., 1979 - Les facteurs de la pédogenèse.  
*in* : Atlas de la Guyane. Eds. C.N.R.S.-O.R.S.T.O.M.
- BOERBOOM J.H.A., 1974 - Succession studies in the humid tropical lowlands of Surinam.  
*in* : Proc. of the 1<sup>st</sup> Nat. Congress of Ecol. The Hague - Netherlands : 343-347.
- BOULET R., 1978 - Existence de systèmes à forte différenciation latérale en milieu ferrallitique guyanais : un nouvel exemple de couverture pédologique en déséquilibre.  
*Sciences du sol. Bull. de l'A.F.E.S.* 2 : 75-82.
- BOULET R., BRUGIERE J.-M., HUMBEL F.-X., 1979 - Relations entre organisation des sols et dynamique de l'eau en Guyane française septentrionale.  
*Science du sol. Bull. de l'A.F.E.S.* 1 : 3-18.
- BOYE M., CABAUSSEL G., PERROT Y., 1979 - Climatologie.  
*in* : Atlas de la Guyane. Eds. C.N.R.S.-O.R.S.T.O.M.
- BRINKMAN W.L.F., VIEIRA A.N., 1971 - The effect of burning on germination of seeds, at different soil depths, of various tropical tree species.  
*Turrialba* 21 (1) : 77-82.
- BUDOWSKI G., 1961 - Studies on forest succession in Costa Rica and Panama.  
Ph. D. Thesis -Yale University. New Haven - 189 p.
- BUDOWSKI G., 1966 - Fire in tropical American lowland areas.  
*Proc. of the 5<sup>th</sup> Ann. Tall Timbers Fire Ecol. Conf.* : 5-22.

- CHARLES-DOMINIQUE P., ATRAMENTOWICZ M., CHARLES-DOMINIQUE M., GERARD H., HLADIK A., HLADIK C.-M., PREVOST M.-F., 1981 - Les mammifères frugivores arboricoles nocturnes de la forêt guyanaise : inter-relations plantes-animaux.  
La Terre et la Vie 35 (3) : 341-435.
- CHEKE A.S., WEERACHAI N., YANKOSES C., 1979 - Dormancy and dispersal of seeds of secondary forest species under the canopy of primary tropical rain forest in Northern Thailand. *Biotropica* : 11 (2) : 88-95.
- FLORENCE J., 1981 - Chablis et sylvigénèse dans une forêt dense humide sempervirente du Gabon.  
Thèse de 3<sup>ème</sup> Cycle. Université L. Pasteur - Strasbourg : 261 p.
- FORESTA H. (de), 1981 - Premier temps de la régénération naturelle après exploitation papetière en forêt tropicale humide. ARBOCEL. Guyane française.  
Thèse de 3<sup>ème</sup> Cycle. U.S.T.L. - Montpellier : 114 p.
- GODRON M., 1965 - Les principaux types de profils écologiques.  
Miméogr. C.E.P.E. - Montpellier - 8 p.
- GOUNOT M., 1956 - A propos de l'homogénéité et du choix des surfaces de relevés.  
Bull. Serv. Carte Phytogéogr. Série B. 1 (1) : 7-17.
- GUEVARA-SADA J., GOMEZ-POMPA A., 1972 - Seeds from surface soils in a tropical region of Veracruz - Mexico.  
J. Arnold. Arb., 53 (3) : 312-325.
- GUIRAUD A., 1979 - Etat d'avancement des travaux du C.T.F.T.  
Bull. ECEREX 2 : 21-26.
- HALLE F., OLDEMAN R.A.A., TOMLINSON P.B., 1978 - Tropical trees and forests. An architectural analysis.  
Springer-Verlag. Berlin - Heidelberg - New-York : 441 p.
- HARTSHORN G.S., 1978 - Tree falls and tropical forest dynamics.  
in : Tropical trees as living systems. P.B. TOMLINSON et M.H. ZIMMERMAN ed. Cambridge University Press : 617-638.
- HARTSHORN G.S., 1980 - Neotropical forest dynamics.  
*Biotropica* 12 (2) : 23-30.
- HOLTHUIJZEN A.M.A., BOERBOOM J.H.A., 1982 - Experiments on the Cecropia seed bank of the Surinam lowland rainforest.  
*Biotropica* 14 (1) : 62-67.

- HUMBEL F.-X., 1978 - Caractérisation, par des mesures physiques, hydriques et d'enracinement, des sols de Guyane française à dynamique de l'eau superficielle.  
Sciences du Sol. Bull. de l'A.F.E.S. 2 : 83-93.
- KARTAWINATA K., RISWAN J., SOEDJITO H., 1980 - The floristic changes after disturbances in lowland Dipterocarp forest in East Kalimantan, Indonesia.  
in : Proc. of the 5<sup>th</sup> Int. Symp. of Tropic. Ecol.  
FURTADO ed. 47-54.
- KEAY R.W.J., 1960 - Seeds in forest soils.  
Nigerian forestry information Bulletin. 4 : 1-12.
- KELLMAN M.C., 1980 - Geographic patterning in tropical weed communities and early secondary succession.  
Biotropica 12 (2) : 34-39.
- KOCHUMMEN K.M., N.G., F.S.P., 1977 - Natural plant succession after farming in Kepong.  
Malay. Forest. 40 (1) : 61-78.
- LambD., 1980 - Some ecological and social consequences of logging rain-forests in Papua - New Guinea.  
in : Proc. of the 5<sup>th</sup> Int. Symp. of Tropic. Ecol.  
FURTADO ed.
- LESCURE J.-P., 1978 - An architectural study of the vegetation's regeneration in French Guiana.  
Vegetatio 37 (1) : 53-60.
- LESCURE J.-P., 1981 - La végétation et la flore dans la région de la piste de Saint-Elie.  
Bull. ECEREX 3 : 4-24.
- LESCURE J.-P., PUIG H., RIERA B., LECLERC D., BEECKMAN A., BENETEAU A., 1983 - La phytomasse épigée d'une forêt dense en Guyane française. (A paraître).
- LIEW T.C., 1973 - Occurrence of seeds in virgin forest top soil with particular reference to secondary species in Sabah.  
Malay. Forest. 36 (3) : 185-193.
- LOPEZ-QUILEZ M., VAZQUEZ-YANES C., 1976 - Estudio sobre la germinación de semillas en condiciones naturales controladas.  
in : Regeneración de selvas. GOMEZ-POMPA et al. eds. Mexico 250-261.
- MAURY G., 1979 - Plantules et régénération forestière en Guyane française : premières constatations sur une coupe à blanc de 25 ha.  
Bull. Soc. Bot. Fr. 126 (3) : 165-171.

- OLDEMAN R.A.A., 1974 - L'architecture de la forêt guyanaise.  
Mémoire ORSTOM n° 73, Paris - 204 p.
- PREVOST M.-F., 1981 - Mise en évidence de graines d'espèces pionnières dans le sol de forêt primaire en Guyane.  
Turrialba 31 (2) : 121-127.
- PUIG H., LESCURE J.-P., 1981 - Etude de la variabilité floristique dans la région de la piste de Saint-Elie.  
Bull. ECEREX 3 : 26-29.
- ROSS R., 1954 - Ecological studies on the rain forest of Southern Nigeria.  
III - Secondary succession in the Shasha forest reserve. J. Ecol.  
42 : 259-282.
- SARRAILH J.-M., 1980 - L'écosystème forestier guyanais. Etude écologique de son évolution sous l'effet des transformations en vue de sa mise en valeur.  
Bois et Forêt des Tropiques 189 : 31-36.
- SARUKHAN J.K., 1968 - Analisis sinecologico de las selvas de Terminalia amazonia/Tesis - Chapingo - Mexico - 300 p.
- SASTRE C., 1980 - Fragilité des écosystèmes guyanais : quelques exemples.  
Adansonia 19 (4) : 435-449.
- SNEDAKER S.C., 1980 - Successional immobilization of nutrients and biologically mediated recycling in tropical forests.  
Biotropica 12 (2) : 16-22.
- SYMINGTON C.F., 1933 - The study of secondary growth on rain forest sites in Malaya.  
Malay. Forest. 2 : 107-117.
- UHL C., CLARK K., CLARK H., MURPHY P., 1981 - Early plant succession after cutting and burning in the upper Rio Negro region of the Amazon Basin.  
J. Ecol. 69 : 631-649.
- ZWETSLOOT H., 1981 - Forest succession on a deforested area in Suriname  
Turrialba 31 (4) : 369-379.

TABLEAU 1

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES STRUCTURALES DES TYPES DE VEGETATION  
RENCONTRES SUR LA PARCELLE ARBOCEL (3,5 ANS)

Groupements	Densité tiges/ha	aire basale m <sup>2</sup> /ha	Phytomasse épigée sèche (kg/ha)			TOTAL
			Herbacées	Lianes ligneuses	arbres et arbustes	
Groupement herbacé Strate herbacée basse - B -	1 470	É	6 100	0	0	6 100
Groupement herbacé Strate herbacée haute - C -	2 500	É	7 500	0	3 300	10 800
Groupement mixte Strate arborescente basse - D -	7 900	2,39	6 100	0	4 700	10 800
Groupement mixte Strate arborescente moyenne - E -	13 100	8,78	4 300	500	29 200	34 000
Groupement ligneux ouvert - F -	9 500	11,74	300	1 680	15 930	17 980
Groupement ligneux fermé 1 strate basse - G -	8 400	3,56	1 200	0	4 700	5 900
Groupement ligneux fermé 1 strate moyenne - H -	17 000	11,19	900	700	25 700	27300
Groupement ligneux fermé à 2 strates Strate inférieure moyenne - I -	17 400	13,94	170	370	32 240	32 780
Groupement ligneux fermé à 2 strates Strate inférieure haute - J -	19 900	21,12	700	500	38 500	39 700

TABLEAU 2

ESPECES PRINCIPALES DE LA PARCELLE ARBOCEL

Surface de l'échantillon étudié : 1 824 m<sup>2</sup>  
 Effectif total (arbres et arbustes) : 2 244 individus  
 Nombre d'espèces (arbres et arbustes) : 124 espèces.

Espèce	Famille	Effectif	Effectif relatif
<i>Cecropia obtusa</i> Tréc.	MORACEAE	458	20,4 %
<i>Goupia glabra</i> Aubl.	CELASTRACEAE	178	7,9 %
<i>Vismia sessilifolia</i> (Aubl.) D.C.	HYPERICACEAE	166	7,4 %
<i>Solanum subinerme</i> Jacq.	SOLANACEAE	163	7,3 %
<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	MORACEAE	154	6,9 %
<i>Laetia procera</i> (P. et E.) Eichl.	FLACOURTIACEAE	126	5,6 %
<i>Isertia spiciformis</i> D.C.	RUBIACEAE	118	5,3 %
<i>Palicourea guianensis</i> Aubl.	RUBIACEAE	111	4,9 %
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	HYPERICACEAE	110	4,9 %
<i>Solanum rugosum</i> Dun.	SOLANACEAE	86	3,8 %
<i>Xylopia nitida</i> Dun.	ANNONACEAE	68	3,0 %
<i>Loreya mespiloïdes</i> Miq.	MELASTOMACEAE	59	2,6 %
<i>Solanum salviaefolium</i> Lam.	SOLANACEAE	45	2,0 %
<i>Miconia fragilis</i> Naud.	MELASTOMACEAE	34	1,5 %
<i>Vismia latifolia</i> (Aubl.) Choisy	HYPERICACEAE	19	0,8 %
Divers (109 espèces)		349	15,6 %
<b>TOTAL</b>		<b>2 244</b>	<b>100</b>

Figure 1 : Caractérisation physiologique des groupements rencontrés  
trois ans et demi après coupe de la forêt primaire  
parcelle ARBOCEL .

I. Sol nu ou quasi nu

(Groupement A)

II. Herbacées dominantes

- strate herbacée basse (1m)  
(Groupement B)

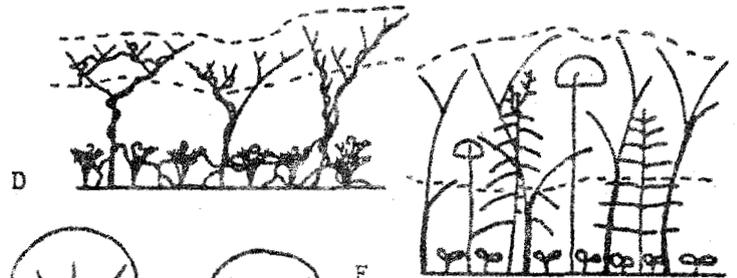
- strate herbacée haute (2m)  
(Groupement C)



III. Végétation mixte : 1strate herbacée / 1strate arborescente

- strate arborescente basse (2,5m)  
(Groupement D)

- strate arborescente moyenne (5m)  
(Groupement E)



IV. Arbres et arbustes dominants

- végétation ouverte  
(Groupement F)

- végétation fermée

. 1 strate

, basse (2,5m)  
(Groupement G)

, moyenne (5m)  
(Groupement H)

. 2 strates

, strate inférieure moyenne (4/5m)  
(Groupement I)

, strate inférieure haute (7/8m)  
(Groupement J)

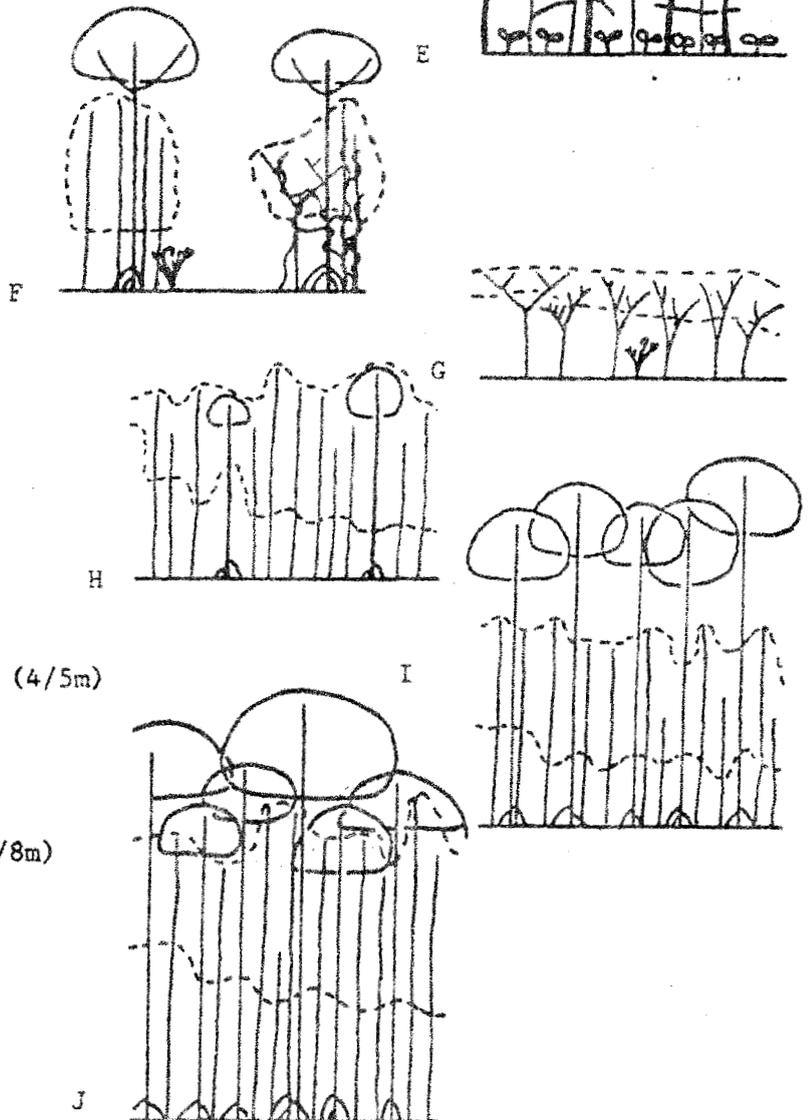
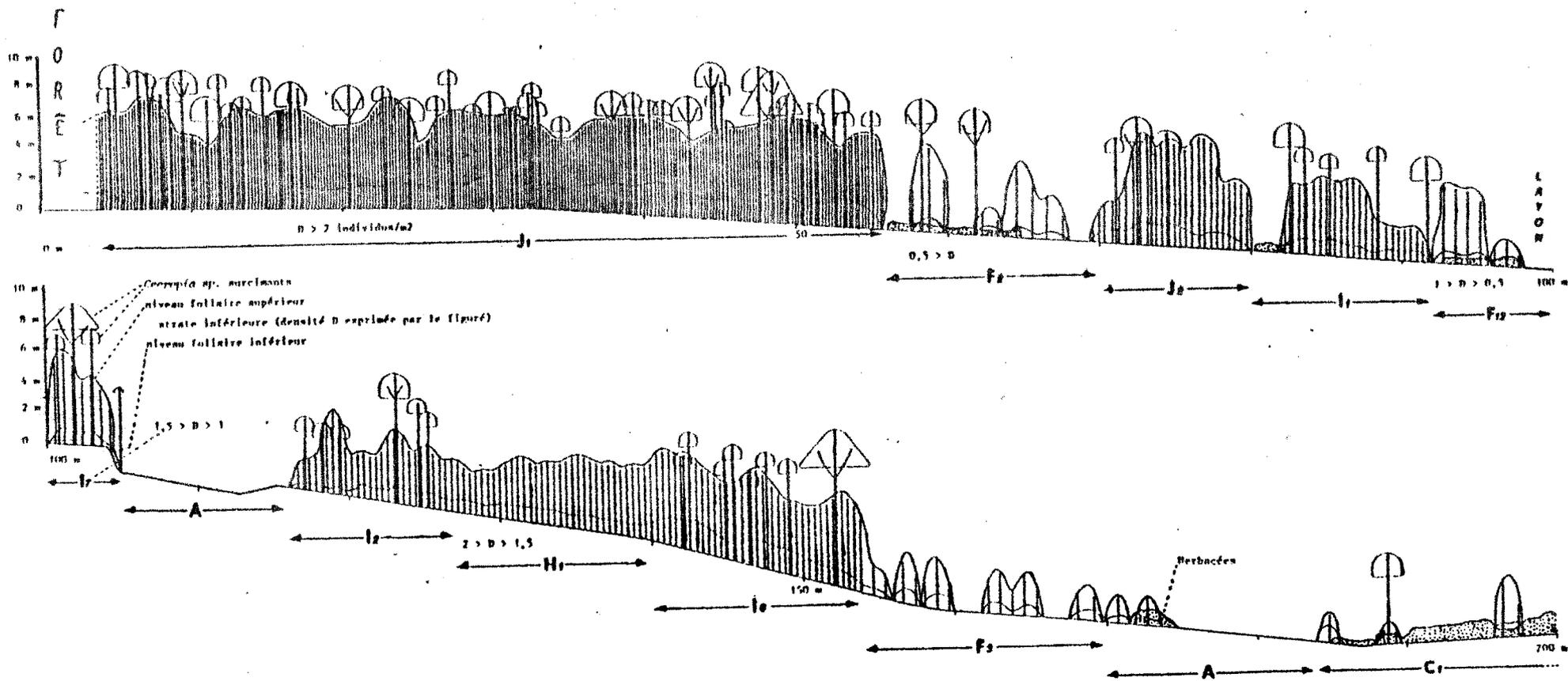


Figure 2 : Parcelle ARBOCEL (3,5 ans) - Profil structural schématique , montrant l'enchaînement des éléments des différents groupements (ici , A,C,F,H,I et J) le long d'un transect ; noter que , dans les groupements ligneux à 2 strates (I et J) , la strate supérieure est exclusivement composée de *Cecropia obtusa* et de *Cecropia sciadophylla* .



Parcelle ARBOCEL : Analyse factorielle des correspondances , portant sur les éléments des groupements E,F,H,I,J, et sur les 15 espèces principales ( paramètre : Indice de Dominance ) .

Figure 3 : Projection sur les axes factoriels 1 et 2 .

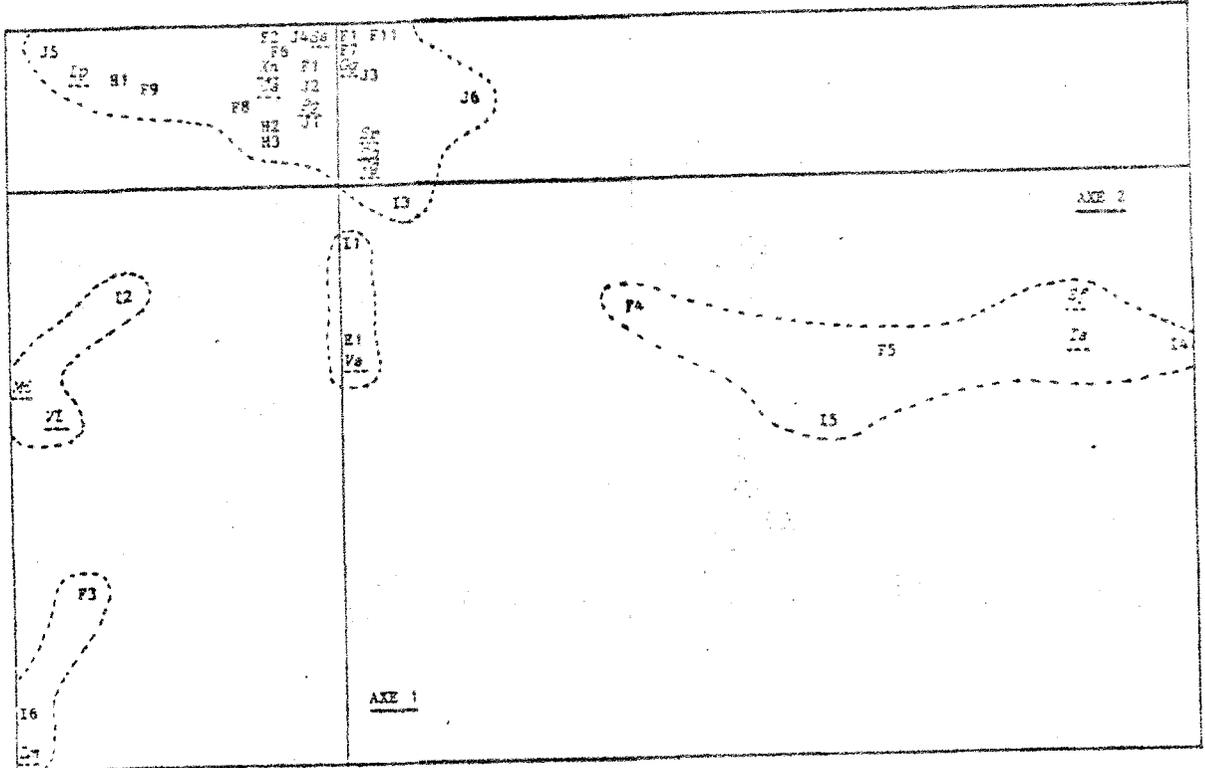
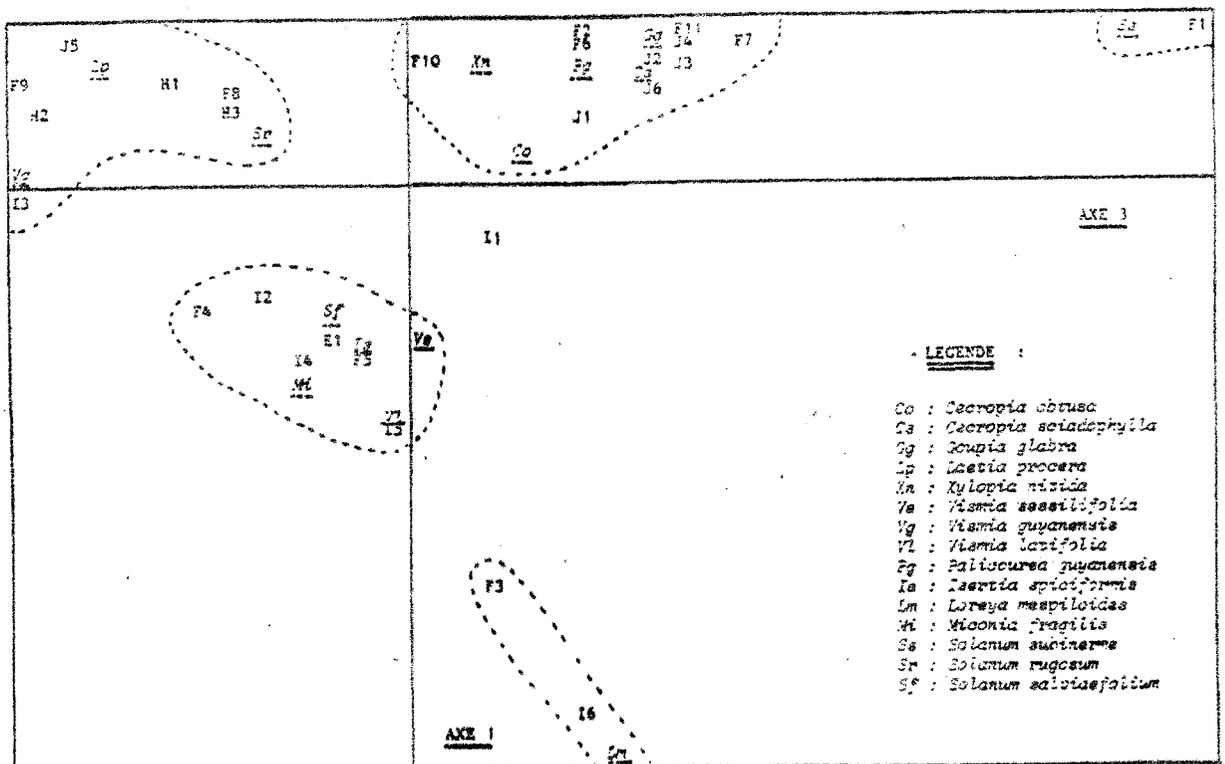


Figure 4 : Projection sur les axes factoriels 1 et 3 .



## DISCUSSION

En décrivant les espèces "pionnières" il n'est fait référence qu'aux arbres et arbustes. Mais les lianes ? les herbes ? Les lianes ont un rôle important dans la régénération des jeunes stades en Afrique par exemple. (GUILLAUMET)

Sur la piste de Sainte-Elie, les lianes sont relativement peu abondantes dans les premiers stades. Un inventaire sur les parcelles ARBOCEL à trois ans fait apparaître une dizaine d'espèces. Environ 10 % des pieds sont envahis. Certains avec trois espèces différentes de lianes.

En Amazonie Centrale comme en Guyane, elles ne jouent pas le même rôle qu'en Afrique, dans les successions secondaires où elles vont jusqu'à stopper la végétation des arbres par surpeuplement.

Y aurait-il amélioration de la perméabilité des sols, notamment dans les zones à drainage vertical bloqué, par l'implantation des groupements pionniers herbacés ? C'était le cas à Madagascar, dans des conditions climatiques, édaphiques et de modèle semblables ; les déboisements (Tavy) étaient colonisés rapidement par un tapis de graminées, dont le système racinaire, très diffus et profond améliorait en même temps la stabilité des agrégats et la porosité du sol, y compris dans les matériaux qui sous forêt, étaient assez imperméables. (KILIAN).

Les mesures faites par F.X. HUMBEL des infiltrations dans la parcelle ARBOCEL, avant le passage du feu, avant même qu'il ait des graminées, ont montré une perméabilité de surface au moins égale à ce qu'elle était initialement sous forêt sinon supérieures. Il semble donc que la perméabilité ait été améliorée dans ce stade intermédiaire.

faut-il détruire un mythe ? Il n'y a pas ici de stade herbacé ; du moins pas dans tous les groupements. On a une forêt primaire et un milieu très perturbé. Ce qui sort au moment de la coupe ce sont des pionnières forestières, arbres et arbustes, vivant à l'état naturel dans les chablis, en bordure de rivière, en bordure des savanes, dans des milieux peu perturbés.

S'il n'y a pas d'autres perturbations que la coupe, on a très peu d'herbacées. Le feu (ou tout autre perturbation du stock de graines du sol) favorise l'implantation d'herbacées qui pénètrent alors violemment. (DE FORESTA . LESCURE).

.../...

En 1977-1978, aux endroits brûlés, BETSCH notait une humidité du sol croissant avec la profondeur jusqu'à 10 cm.

Aux endroits intacts, en forêt non brûlée, l'humidité décroît avec la profondeur jusqu'à 10 cm. L'horizon de surface est le plus chargé en eau.

Cela répond au problème de la perméabilité mais tout en posant un autre problème. En raison des pluies on arrive à des points de flétrissement de l'ordre de 4,2, donc à de gros problèmes pour les germinations.

A Trois Sauts, LESCURE remarque que le stade herbacé disparaît dans les abattis, la couverture du sol après défrichage était assurée par le manioc. Ce dernier est récolté au fur et à mesure des besoins. Il couvre toute la surface du sol. Des pionnières prendront le relai du manioc sans qu'il ait eu de stade herbacé sauf aux endroits très piétinés ayant subi des contraintes très fortes.

Quel est le dynamisme entre les divers groupements décrits par H. de FORESTA ? Comment passe t-on des uns aux autres ?

Il n'y a pas de passage des uns aux autres. La seule liaison nettement visible est entre le groupement herbacé bas (B) le groupement D et le groupement G.

Les Pityrogramma s'installent en premier sur sols très brûlés et après un certain temps de vie sont relayés par des *Solanum subinerme* pour aboutir au groupement G où il ne reste plus que des traces de *Solanum* en touffes mortes.

Les autres groupements ne résultent pas l'un de l'autre, mais de la compétition qui a pu exister à partir de leur installation. Cette compétition est différente, par exemple sur sol hydromorphe, favorisant l'espèce *Vismia sessilifolia* au détriment du *Cécropia*.

Sans les groupements I et J, l'importance de *Cécropia* est très forte. Le groupement est l'expression du potentiel séminal édaphique (là où le feu n'est pas passé) (de FORESTA).

Y a-t-il des espèces forestières qui apparaissent en même temps que les plantules de *Cécropia* et qui suivent le même niveau que les *Cécropia* (comme c'est le cas en Afrique pour les *Terminalia*, dont le feuillage suit le même niveau que celui des pionnières)? (KAHN)

Au départ il y a une compétition très importante. A un mois, sur une petite parcelle, les plantules se pressent de partout. On voit apparaître en même temps *Cécropia*, *obtusa* et *sciadophylla*, *Goupia glabra*, *Xylopia* et plusieurs autres.

Mais le travail ayant été ponctuel, il est difficile d'affirmer que des espèces en suivent d'autres. Il semble bien que dans le cas du groupement J les *Goupis* suivent les *Cécropia*.

.../...

Il serait important de suivre ces différents "tempéraments" dans une optique d'aménagement. (KAHN)

De FORESTA nous dit que sur 124 espèces il recense 15 pionnières prépondérantes, et quelques espèces forestières là " par hasard ", notamment l'angélique. Cela mérite une explication. En effet, à l'INRA de Manaus, nous pensons que l'angélique est une espèce héliophile et qu'elle n'est pas là "par hasard".

En effet, on trouve des plantules d'angéliques sous les groupements non perturbés. Sans les espèces pionnières recensées sur le transect, l'angélique n'a pas été comptabilisée car les plantules n'atteignent pas 1 cm de diamètre.

Dans le stade de graines d'espèces forestières, il y a toujours une part de hasard due simplement à la dispersion. L'angélique ou le Goupi a eu une croissance favorisée parce qu'ils s'accommodent bien de ce micro-milieu cela est certain.

Il est difficile de cerner la composition floristique de cette première phase homéostatique. Il faudrait déjà la cerner au point de vue structural.

Il semble bien effectivement que l'angélique subisse une accélération de croissance quand il y a un chablis tout près. Mais de là à la classer dans telle phase homéostatique, cela n'est pas évident. (LESCURE)

Il serait cependant important de la situer dans le dynamisme forestier. En Côte d'Ivoire, où la pression humaine est forte, les espèces qui s'installent (comme Lophira) sont essentiellement héliophiles. (KAHN) Quelle est la situation naturelle du Goupi en forêt ? n'est-ce pas une espèce que l'on trouve dans les chablis et qui va reconstituer un peuplement?

Il n'y a guère qu'un Goupi à l'hectare. La structure est tout à fait erratique. On n'observe pratiquement pas de jeunes Goupis. Ceux que l'on voit en forêt ont déjà 20 à 60 cm. Nous avons très peu d'informations sur ces arbustes et la manière de les classer dans des phases sylvigénétiques précises. C'est une voie à explorer pour l'aménagement, et de FORESTA travaille sur cette voie. (LESCURE)

M. DOURROJEANI = pour nous Péruviens, votre expérience de coupe puis de suivi des repousses n'est pas une succession "normale". Chez nous à la coupe, succède un temps d'agriculture avant le retour à la nature. Il se présente dans ce cas deux possibilités différentes :

- un brûlis auquel succède une colonisation d'arbres (tels que le Cécropia).

- maintien d'une masse importante de Ptéridium, si la terre a déjà été dégradée par l'exploitation. Ces grandes formations de Ptéridium couvrent des centaines, voire des milliers d'hectares au Pérou ; on pourrait les prendre pour des formations forestières naturelles mais on sait maintenant qu'elles proviennent des suites des brûlis des Indiens à la recherche de fourmis "MATA".

- Par ailleurs au Pérou, en climat forestier, on a notamment trouvé dans le Cécropia des proportions d'Aluminium nettement supérieures à celles des autres éléments. Que sait-on de ce phénomène ici ? Le Cécropia accumule-t-il l'Aluminium, ce qui pourrait expliquer les difficultés de l'agriculture ensuite.

- A propos de graminées, HUTTEL signale qu'en Amazonie Equatorienne existent deux sociétés de plantations de palmiers à l'huile. Toutes deux effectuent un défrichage mécanique et ensemencent ensuite en Pueraria. Chez l'une on laisse se rétablir un recru naturel, déblayé ensuite au bull, après 12 mois, pour ensemencer le Pueraria. Chez l'autre on andaine dès le défrichage et on sème le Pueraria. Dans le 2ème cas, on n'arrive plus à se débarrasser d'elles.

- Dans une optique de mise en valeur de la forêt pour la fabrication de pâte à papier, il est vraisemblable qu'une grande quantité de la surface coupée ne serait pas relayée par l'agriculture en Guyane. Peut-être 10 % seulement ? Aussi SARRAILH pense-t-il que le recru succédant à l'abattis est un scénario normal pour la Guyane après un coupe papetière. De plus le paysan brûlant la forêt pour faire un abattis, laisse partir le feu bien au-delà de la surface qu'il mettra en culture.

- Dans le recru, on nous signale une phase Cécropia, puis l'installation des Goupis qui sont surcimés et disparaissent. Le Goupi a un intérêt économique (ex. : Surinam). Est-ce que la forêt de Goupi est un mythe ? ou peut-on la concevoir ? (FRITSCH).

- SARRAILH indique que plantés ou en recru les Goupis posent un problème car ils sont très mal formés et leur intérêt serait d'avoir des tiges et non des branches.

- DURROJEANI signale qu'au Pérou, à CUCALPA sur l'UCAYALI, une grosse fabrique de pâte à papier ne fonctionne qu'avec du Cécropia et on cherche à faire profilérer le Cécropia.

- BETSCH pense que le Cécropia a un gros intérêt sur les sols très modifiés (passage de bulldozer ou du feu). Autour de ces zones, le Cécropia fournit un apport de litière permettant à tout le cycle de biodégradation de restaurer un sol et de supporter un recru autonome qui pourra ensuite regagner vers le centre de la zone perturbée. Le Cécropia produit certainement une des meilleures litières (litière améliorante). Le *Vismia* sous ce rapport là est nettement inférieur.

- A propos de la dissémination des graines par des chauves-souris songe-t-on à étudier le rôle du transit intestinal sur la germination des graines ? Il se trouve que les pionnières germent très bien sans ce transit (ex. : *Solanum*). Au Brésil, sur certaines espèces l'effet semblerait plutôt négatif. (GUILLAUMET)

Selon BETSCH, la dissémination enrichit le stock de graines existantes. Dans les zones très modifiées, où le sol ne soutient plus aucun stock, cela permet à une végétation de redémarrer. Mais si les chauves-souris défèquent en vol, permettant ainsi la colonisation de zones sans végétation, les oiseaux ne défèquent que posés sur une branche et leur rôle sera donc différent.

- On nous a dit que, dans la végétation naturelle, la composition floristique était très différente au début, de celle de la forêt primaire, mais que les espèces primaires regagnent peu à peu leur place. Reviendra-t-elle vers une forêt semblable à la première ? Ce qui est important pour les bois nobles, les bois papetiers etc... Au bout de combien de temps pourra-t-on refaire une coupe ? (DUBREUIL).

Nous n'avons pas le recul suffisant à ECEREX, pour apprécier la rapidité de reconstitution de couvert végétal. Mais nous avons l'exemple de Trois Sauts où un suivi de parcelles après cultures sur brûlis, a permis de reconstituer, en interrogeant les habitants, une évolution sur environ 100 ans. (LESCURE)

Cela montre que les paramètres structuraux se reconstituent assez rapidement de façon homogène : sous les tropiques puisque les vitesses de reconstitution à Trois Sauts sont comparables à celles observées à TAI (Cote d'Ivoire en Colombie, ou en Nouvelle Guinée. Ces vitesses permettent d'estimer qu'à environ 100 ans on a, en surface terrière, en densité de peuplement, en phytomasse, une forêt reconstituée. Mais la composition floristique n'est pas du tout la même. A Trois Sauts, sur la parcelle la plus vieille (100 ans) on observe une forêt avec beaucoup de *Bellucia grossularioides*, des *Laetia*, des *Parkia*, des *Hyeronima* mais pas du tout de grands composants de la forêt primaire.

Donc tout dépend de ce que l'on veut faire d'une forêt. Pour du bois d'oeuvre, les meilleures qualités se trouvent dans des espèces typiquement forestières. Pour fabriquer de la pâte à papier, on peut s'accomoder de bois légers, et dans ce cas la phytomasse utilisable sera rapidement reconstituée après une coupe.

KAHN fait remarquer qu'en Cote d'Ivoire, on a pu observer une reconstitution assez rapide de la structure, proche de la forêt primaire, mais sur de petites parcelles, englobées dans un massif forestier important. Sur de grandes surfaces on ne peut extrapoler ces résultats car la pénétration des espèces forestières dans la végétation pionnière est liée à la dispersion des graines sur de courtes distances, par les animaux.

Il semble bien qu'en Afrique Occidentale, les bois les plus utilisés soient des bois de tempérament de forêt secondaire. A Manaus, la liste des bois les plus importants, montre aussi l'intérêt économique des espèces de lumière (GUILLAUMET).

Il est évident qu'en Guyane, immense forêt primaire, les bois les plus connus sont des espèces de forêt primaire. Il y a certainement des bois exploitables dans les essences de forêt seconda

MODIFICATIONS DES ECOULEMENTS APRES DEFRICHEMENT ET  
AMENAGEMENTS AGRO-FORESTIERS DE BASSINS VERSANTS  
EXPERIMENTAUX EN GUYANE FRANCAISE

-o-

J.M. FRITSCH  
Maître de Recherches

O.R.S.T.O.M.

--♠--♠--♠--♠--

1 - L'EXPERIMENTATION HYDROLOGIQUE DANS LE CADRE DU PROGRAMME D'ETUDE  
ET DE MISE EN VALEUR DE L'ECOSYSTEME FORESTIER EN GUYANE

Depuis 1977, dans le cadre d'un vaste programme scientifique dans lequel sont impliquées de grandes centrales de recherches françaises, l'écosystème forestier amazonien et les conditions de sa mise en valeur en GUYANE FRANCAISE ont été objets d'études menées de façon intégrée dans la plupart des disciplines du milieu naturel (pédologie, botanique, bioclimatologie, hydrologie, etc...).

La genèse du programme se place à une époque où la forêt guyanaise faisait l'objet de spéculations à court terme de la part de deux grandes compagnies papetières qui avaient obtenu des permis d'exploitation sur plusieurs centaines de milliers d'hectares de forêt vierge. Les inquiétudes et les incertitudes pesant sur le devenir spontané et la récupération possible de ces espaces promis à la dévastation, ont réfléchi ce programme scientifique vers un aspect expérimental qui prévoyait d'étudier les effets du défrichement papetier qui serait simulé à échelle réduite sur des micro-bassins versants, après quoi l'utilisation économique de ces terres serait testée selon des scénarios réputés vraisemblables dans le contexte socio-économique de la GUYANE : plantations de vergers d'agrumes, plantation d'essences à croissance rapide (pin et eucalyptus), plantation de pâturages, recru spontané de la forêt.

Le protocole de l'étude prévoyait le suivi des écoulements et des transports solides pendant 2 ans sous forêt naturelle sur 10 bassins versants élémentaires drainant entre 1 et 1,5 ha (ROCHE, 1979). Ce sont des considérations d'ordre pédologique, plus précisément liées au régime hydrodynamique des sols qui ont prévalu dans le choix des bassins versants (BOULET, 1979).

.../...

Le dispositif comporte effectivement l'ensemble des systèmes pédologiques susceptibles de se développer à partir du substratum des schistes de Bonidoro, qui vont de sols relativement profonds et perméables dans lesquels la dynamique de l'eau est verticale jusqu'à des sols qui voient leur capacité d'infiltration se réduire pratiquement à néant dès les premiers centimètres et pour lesquels la dynamique de l'eau est latérale et superficielle.

Les résultats hydrologiques obtenus après un an d'observation en moyenne par bassin ayant permis de quantifier de façon globale les rapports eau-sol-plante sous forêt (ROCHE, 1980), la phase d'expérimentation a débuté en 1979 et le dernier bassin a été défriché en décembre 1982.

Ce travail fait le point des modifications du régime hydrologique, telles qu'elles étaient mesurées à la fin de 1981 sur 4 bassins versants constituant 2 groupes distincts, chacun de ceux-ci étant associé à un bassin témoin en forêt primaire.

## 2 - CARACTERISATION SOMMAIRE ET HISTORIQUE DE L'EXPERIMENTATION DES BASSINS ETUDIES

Le premier groupe de bassins, associé au témoin B, se compose des bassins A et C.

### 2.1. Le bassin A

C'est un bassin versant exclusivement composé de sols à drainage bloqué. Les eaux pluviales s'infiltrent peu et peu profondément, saturent rapidement l'horizon superficiel et s'écoulent latéralement au contact d'un horizon compact, en utilisant la macro-porosité importante de l'horizon superficiel. La surface drainée est de 1,3 hectare au déversoir de mesures. Les pentes des versants sont de l'ordre de 15 à 20 %.

Les données hydrologiques sont collectées depuis janvier 1977 en milieu naturel originel, qui est resté intact jusqu'en septembre 1978.

En octobre et novembre de cette même année ont eu lieu le "déforestation", c'est-à-dire l'abattage à la scie à chaîne de tous les arbres de plus de 20 centimètres de diamètre, suivi d'un "défrichement" mécanisé opéré par un tracteur à chenilles équipé à l'avant d'une lame coupante (lame ROME) et à l'arrière d'un rateau andaineur hydraulique utilisé pour dessoucher.

.../...

Le bassin, à l'état de sol nu au début de la saison pluvieuse, en décembre 1978, a conservé cette caractéristique jusqu'au 10 mai 1979, date à laquelle a commencé la plantation par bouturage d'un pâturage à *Digitaria swazilandensis*. A partir de janvier 1980, ce pâturage a été constamment occupé par des bovins, à raison de 3 unités par hectare paissant par rotation dans 5 paddocks selon un protocole INRA-CTFT.

En conclusion, sur ce bassin A, de type pédologique pur, très favorable au ruissellement, on peut isoler 3 stades écologiques bien distincts :

- Forêt primaire : janvier 77 à septembre 78
- Sol nu : décembre 78 à mai 79
- Pâturage : décembre 79 à décembre 81

## 2.2. Le bassin C

Le bassin C est également l'image d'un type pédologique homogène et bien différencié. Plus de 95 % de sa superficie sont constitués de sols facilitant le mouvement de l'eau dans le sens vertical, et seule la partie la plus à l'aval présente une tendance à l'hydromorphie en saison pluvieuse. La surface drainée est de 1,6 hectare et la pente des versants oscille autour de 20 %.

L'historique de l'aménagement du bassin C est quasi simultané avec celui du bassin A : déforestation et défrichage en saison sèche 1978 (septembre et octobre), puis plantation d'un verger de pomelos à partir de juillet 1980 (500 pieds). Un couvert herbeux de *Bracharia* USDA est bouturé à partir du 18 décembre 1980.

En résumé, le bassin C est une unité hydrologique favorable à l'infiltration, sur laquelle on a observé les 3 états suivants :

- Forêt primaire : mai 77 à septembre 78
- sol nu : décembre 78 à juin 79
- pâturage avec  
verger en crois-  
sance : décembre 79 à décembre 81

## 2.3. Le bassin témoin B

Ce bassin situé entre A et C utilisé comme référence hydrologique naturelle s'apparente beaucoup au bassin A, selon les critères de différenciation pédologique. Sur les 1,6 hectares drainés au déversoir, plus de 1,4 hectares, soit 90 % de la surface sont constitués de sols à dynamique hydrique superficielle et latérale.

Seule la partie la plus à l'amont est représentée par des systèmes pédologiques perméables, semblables à ceux du bassin C.

Ce bassin constitue donc un témoin bien adapté pour la comparaison des écoulements avec le bassin A, puisque les mécanismes hydrologiques y sont de même nature. Le suivi du bassin C, quant à lui, devra être fait avec davantage de circonspection.

Les pentes sur ce bassin (15 %) ne sont pas de nature à introduire une distorsion de première grandeur avec A et C.

#### 2.4. Les bassins G et H

Ce bassin fait partie du deuxième groupe G, H, et F. Les deux bassins traités sont adjacents et ont été voués à un aménagement forestier : plantation de pins caraïbes sur G et d'eucalyptus sur H.

Plus aucune trace de sols à bon drainage dans l'évolution pédologique de ces bassins. La dynamique de l'eau est superficielle, du type de celle déjà décrite sur A et B, mais par suite de la position topographique de ces bassins, toute la zone autour du talweg est fortement marquée par l'hydromorphie au point d'être occupé par une nappe, affleurante en saison des pluies. En dehors des épisodes pluvieux, cette nappe est interceptée par les fouilles du déversoir de mesure, ce qui assure à ces bassins un écoulement quasi permanent.

Les pentes sont relativement fortes sur le bassin G, jusqu'à 30 %, plus modérées en H (20 % avec des maximums à 27 %). L'impluvium de G représente 1,5 hectares et celui de H 1,0 hectare.

Les observations hydrologiques ont commencé en janvier 1978 sous forêt naturelle, puis le déforestation à la scie-tronçonneuse a eu lieu à partir de juillet 1980. Le protocole prévoyait de tester le défrichement mécanisé en saison des pluies, raison pour laquelle le débardage au tracteur à pneus n'a débuté qu'en janvier 1980, suivi par un défrichement au tracteur à chenilles, en février-mars de la même année et dans les conditions techniques semblables à celles déjà décrites sur A et C.

Finalement, la plantation d'eucalyptus (1300 pieds) a commencé en mai 1981 sur H et celle des pins en avril sur G. Les caractéristiques écologiques de ces 2 bassins en 1981, sont celles d'un défrichement ; les effets des plantations cette année là étant tout à fait dérisoires sur l'interception et l'eau dans le sol.

.../...

En conclusion, sur ce groupe de bassin pour lequel les écoulements de surface sont tout à fait prédominants, on peut analyser en fin 1981, le comportement hydrologique de deux phases :

- Forêt primaire : de janvier 78 à juillet 80
- Bassin défriché : de janvier à décembre 81

### 2.5. Le bassin témoin F

Ce bassin est situé à proximité immédiate de G et H, et présente des caractéristiques hydro-pédologiques tout à fait comparables à ce groupe : sols à drainage vertical bloqué, présence de nappe phréatique dans le bas fond autour du talweg. Ce témoin "parfait" draine 1,4 hectares avec des pentes de l'ordre de 25 à 30 %.

## 3 - EVOLUTION DE LA FONCTION DE PRODUCTION DE L'ECOULEMENT A L'ECHELLE DE LA CRUE

### 3.1. La relation "pluie de l'averse - ruissellement"

A ce premier stade de l'analyse on a opté pour une représentation linéaire des écoulements en fonction de la pluie. A l'échelle des crues individuelles, la variable pluie utilisée est extraite par une procédure de calcul automatique sur des fichiers pluviographiques selon le protocole suivant : on appelle AVERSE toute pluie d'au moins 1 mm séparée de l'averse précédente par une intensité inférieure à 1 mm/h pendant au moins 60 minutes.

Ce seuil de 1 mm, extrêmement bas, a dû être retenu après examen des écoulements des bassins versants, qui peuvent se produire ou se modifier pour des pluies de l'ordre de 2 mm ; cette méthodologie aboutit à l'individualisation de 450 averses par an pour la période 1978-1981. Malgré la sévérité de ces critères, on n'englobe ainsi que 90 % de la pluie annuelle, ce qui témoigne de l'importance des "averses" de moins de 1 mm qui représentent par exemple 307 mm en 1981.

Les figures 1a et 1b illustrent le semis des couples "lame ruissellée - pluie des averses" sur le bassin A au cours des 3 stades forêt, sol nu et pâturage, 2a et 2b concernant le bassin C pour les états forestiers, sol nu et verger sous pâturage. Enfin, les figures 3 et 4 présentent les ruissellements mesurés sur G et H dans les conditions de forêt primaire et de bassin défriché.

.../...

Les résultats et les conditions de l'ajustement par la méthode des moindres carrés font l'objet du tableau 1 suivant :

BASSIN	FORET				DEFRICHEMENT				PATURAGE			
	a	b	r	N	a	b	r	N	a	b	r	N
A	.67	-8.5	.93	80	.71	-2.8	.92	148	.63	-5.8	.86	115
C	.21	-2.5	.79	40	.37	-2.5	.86	94	.38	-5.2	.82	87
G	.93	-.8	1.0	257	.89	-.4	.98	152				
H	.68	-3.7	.92	237	.68	-3.1	.92	130				

TABEAU 1 : pente (a), ordonnée à l'origine (b), coefficient de corrélation linéaire (r) et nombres de couples (N) de l'ajustement lame ruissellée en fonction de la pluie de l'averse génératrice en mm.

L'application de cette technique de l'ajustement du modèle linéaire nous montre que les effets de l'aménagement sont surtout sensibles sur le bassin C qui à l'origine ruisselait très peu. Ainsi pour une averse donnée de 25 mm le ruissellement passe de 2,8 mm sous forêt à 6,8 mm en sol nu et se maintient à 4,3 mm pour un jeune verger sur pâturage. Les coefficients de ruissellement de cet évènement seraient ainsi de 11 %, 27 % et 17 % pour chacun des 3 stades respectifs.

Cet accroissement est beaucoup moins net pour les bassins "ruisselants" : la même averse de 25 mm appliquée au milieu forestier, puis au sol nu donne respectivement des ruissellements de 8,3 mm et 15 mm sur A, de 22,5 mm et de 21,9 mm sur G, de 13,6 mm et de 13,9 mm sur H. Cela revient à dire que les coefficients de ruissellement passent de 33 % à 60 % sur A, et restent de l'ordre de 88 % sur G et de 55 % sur H avant et après défrichement.

### 3.2. La part du ruissellement dans le volume de l'hydrogramme

.../...

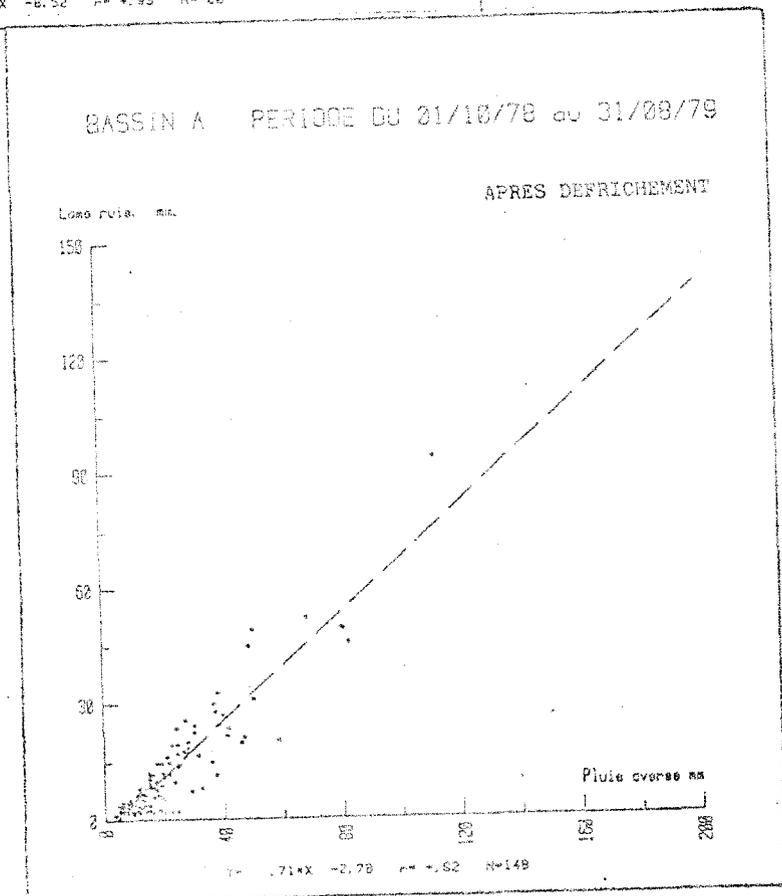
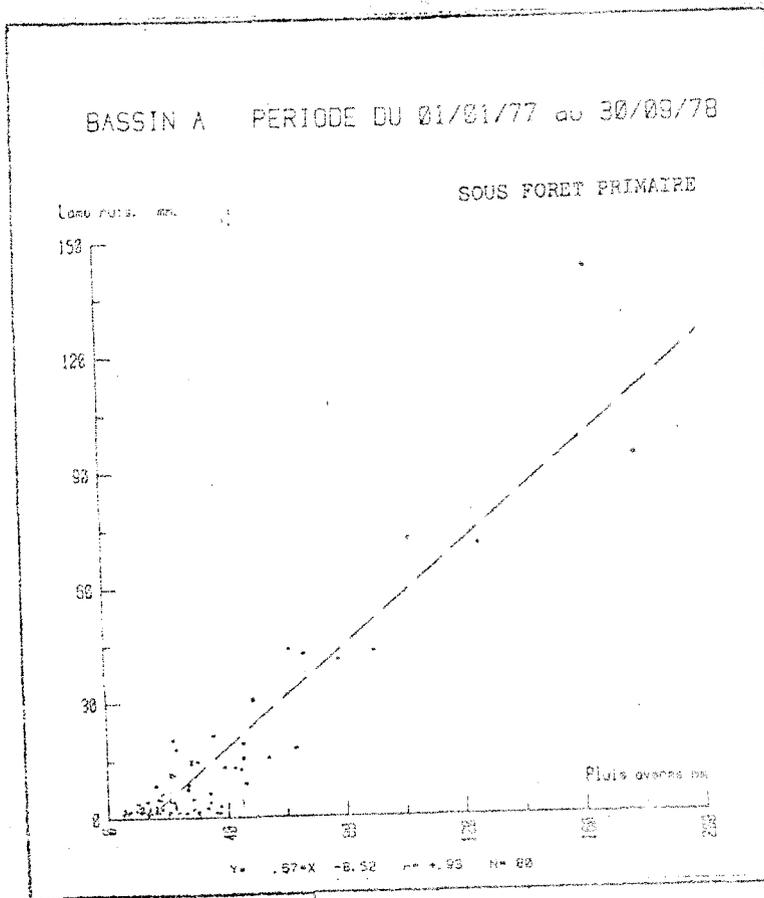


Fig 1a : Ruissellement par crue en fonction de la pluie de l'averse sous forêt primaire et après défrichage sur le bassin A.

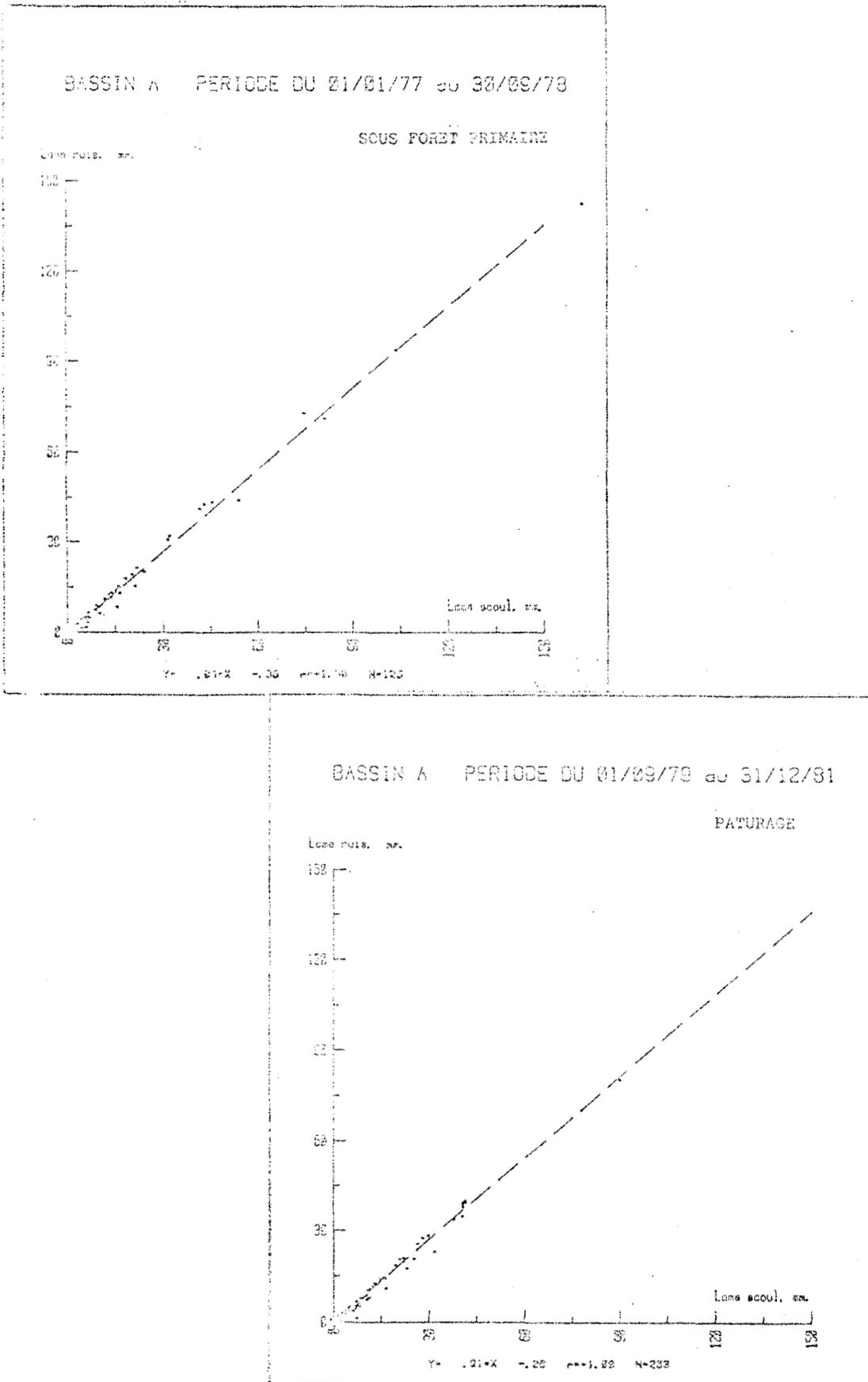


Fig. 1b : Ruissellement par crue en fonction de la pluie de l'averse sous forêt primaire et après plantation d'un pâturage sur le bassin A.

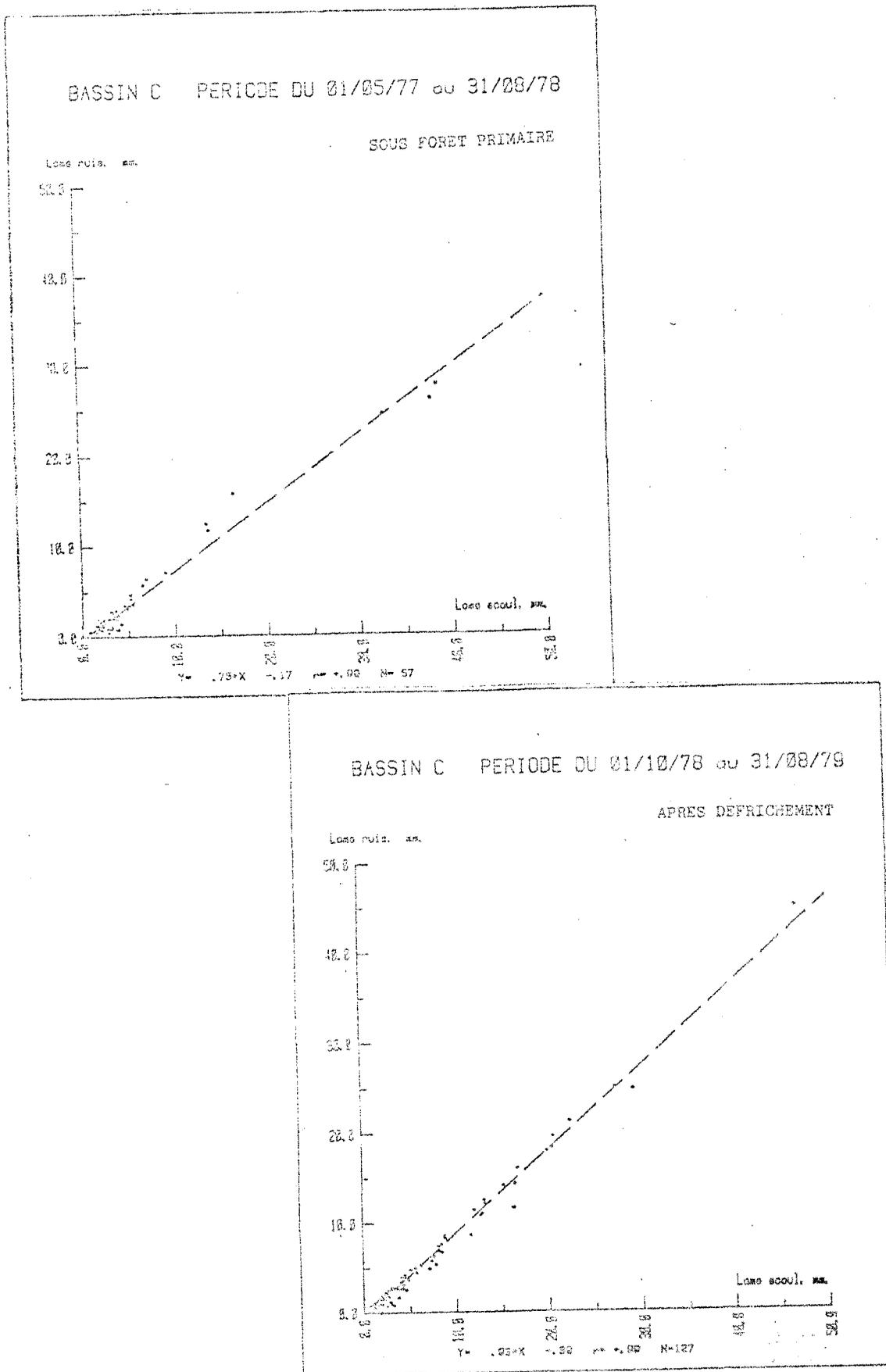


Fig. 2a : Ruissellement par crue en fonction de la pluie de l'averse sous forêt primaire et après défrichage sur le bassin C.

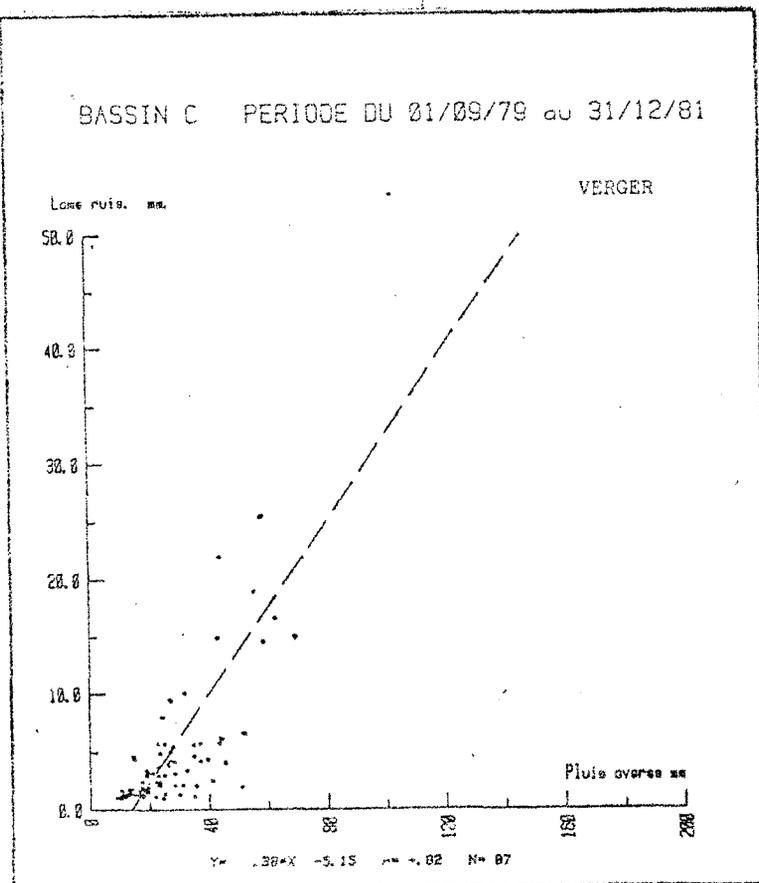
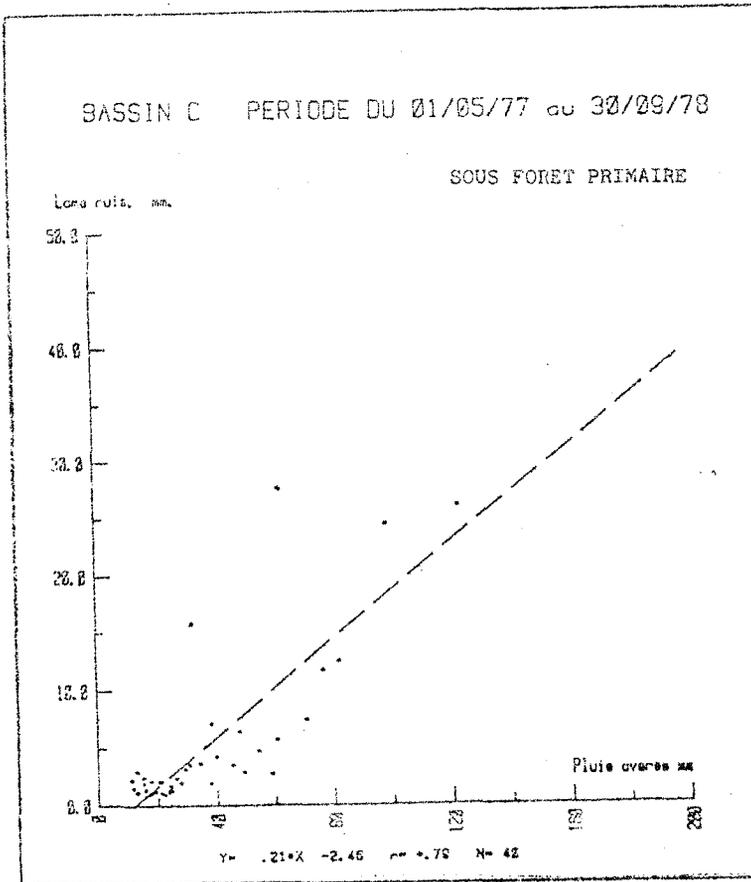


Fig. 2b : Ruissellement par crue en fonction de la pluie de l'averse sous forêt primaire et après plantation des pomélos sous pâturage de Bracharia USDA.

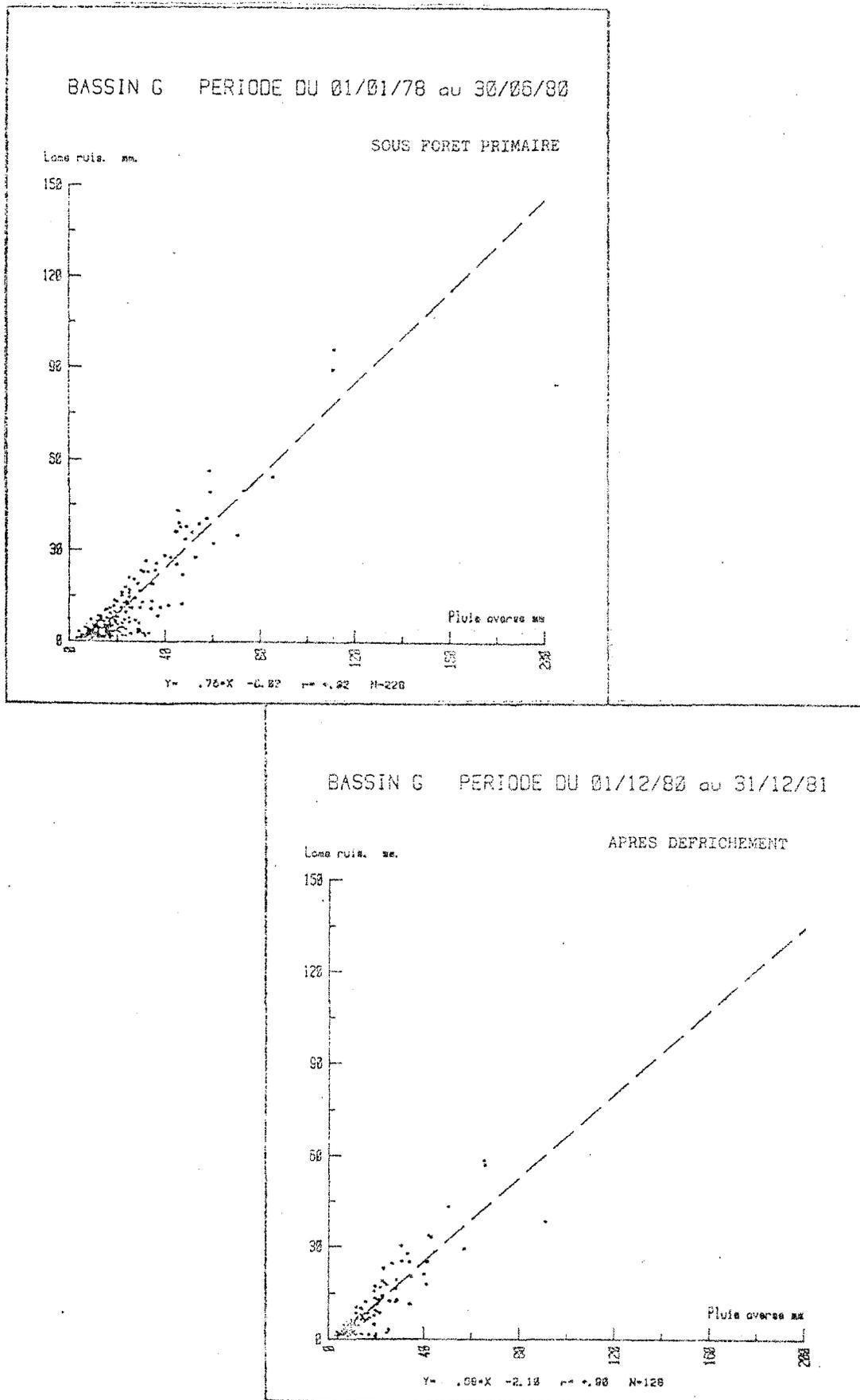


Fig. 3 : Ruissellement par crue sous forêt primaire et après défrichement du bassin versant G.

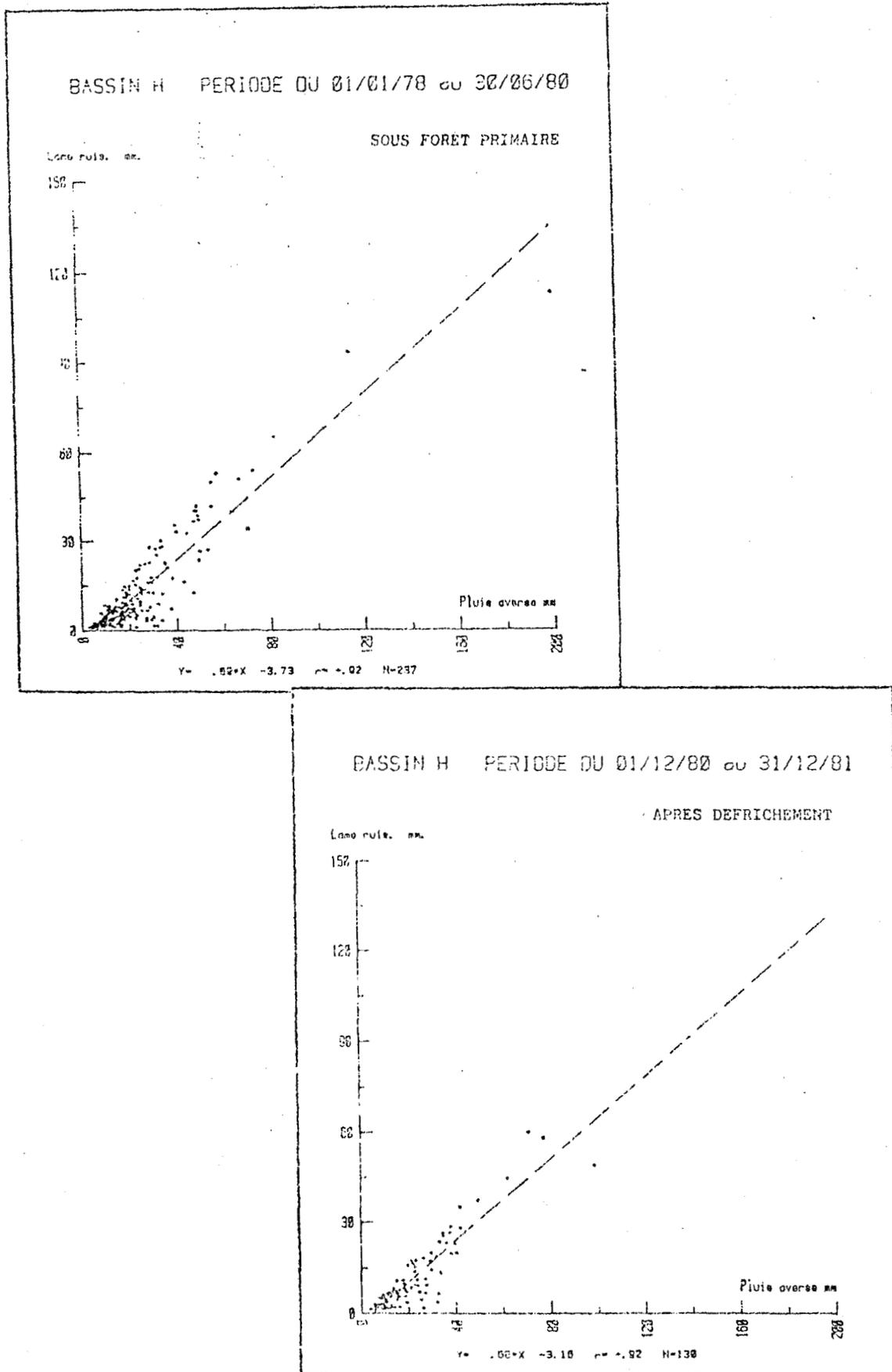


Fig. 4 : Ruissellement par crue sous forêt primaire et après défrichement du bassin versant H.

A l'échelle de la crue individuelle, il est d'usage en hydrologie de séparer le ruissellement de l'écoulement total par une méthode parfois jugée peu réaliste mais qui présente l'avantage d'une certaine objectivité et permet des comparaisons intra et inter bassins : la variation supposée linéaire du débit de base entre le début de la crue et la fin du "ruissellement". La comparaison des volumes ruisselés aux volumes écoulés par crue fait l'objet des figures 4a et 4b pour le bassin A, 5a et 5b pour le bassin C, 6 et 7 pour les bassins G et H, dans les différentes conditions de leur exploitation.

Les paramètres de ces ajustements font l'objet du tableau 2 ci-dessous :

BASSIN	FORET				DEFRICHEMENT				PATURAGE			
	a	b	r	N	a	b	r	N	a	b	r	N
A	.90	-.4	1.0	125	.95	-.5	.99	235	.91	-.3	1.0	263
C	.75	-.2	.99	57	.93	-.4	.99	127	.87	-.3	.99	139
G	.93	-.8	1.0	257	.89	-.4	.99	152				
H	.93	-.9	1.0	266	.90	-.1	.99	141				

Tableau 2 : pente (a), ordonnée à l'origine (b) coefficient de corrélation linéaire (r) et nombre de couples (N) pour l'ajustement lame ruisselée en fonction de la lame écoulée par crue en mm.

Sur 3 des bassins traités, les changements observés par cette méthode sont assez ténus. Pour le bassin A par exemple, une crue de 30 mm comporte 26,6 mm de ruissellement "pur" sous forêt soit 89 %, puis 93 % sur sol nu. Sur G cette même crue de 30 mm serait composée de 90 % de ruissellement sous forêt et de 88 % après défrichement, et respectivement de 90 % et 87 % sur H. On peut considérer que pour ces 3 bassins les changements induits par le défrichement ne sont pas significatifs. Il en va tout autrement pour le bassin C, pour lequel la fraction ruisselée passe de 74 à 92 % pour cette même crue de 30 mm.

.../...

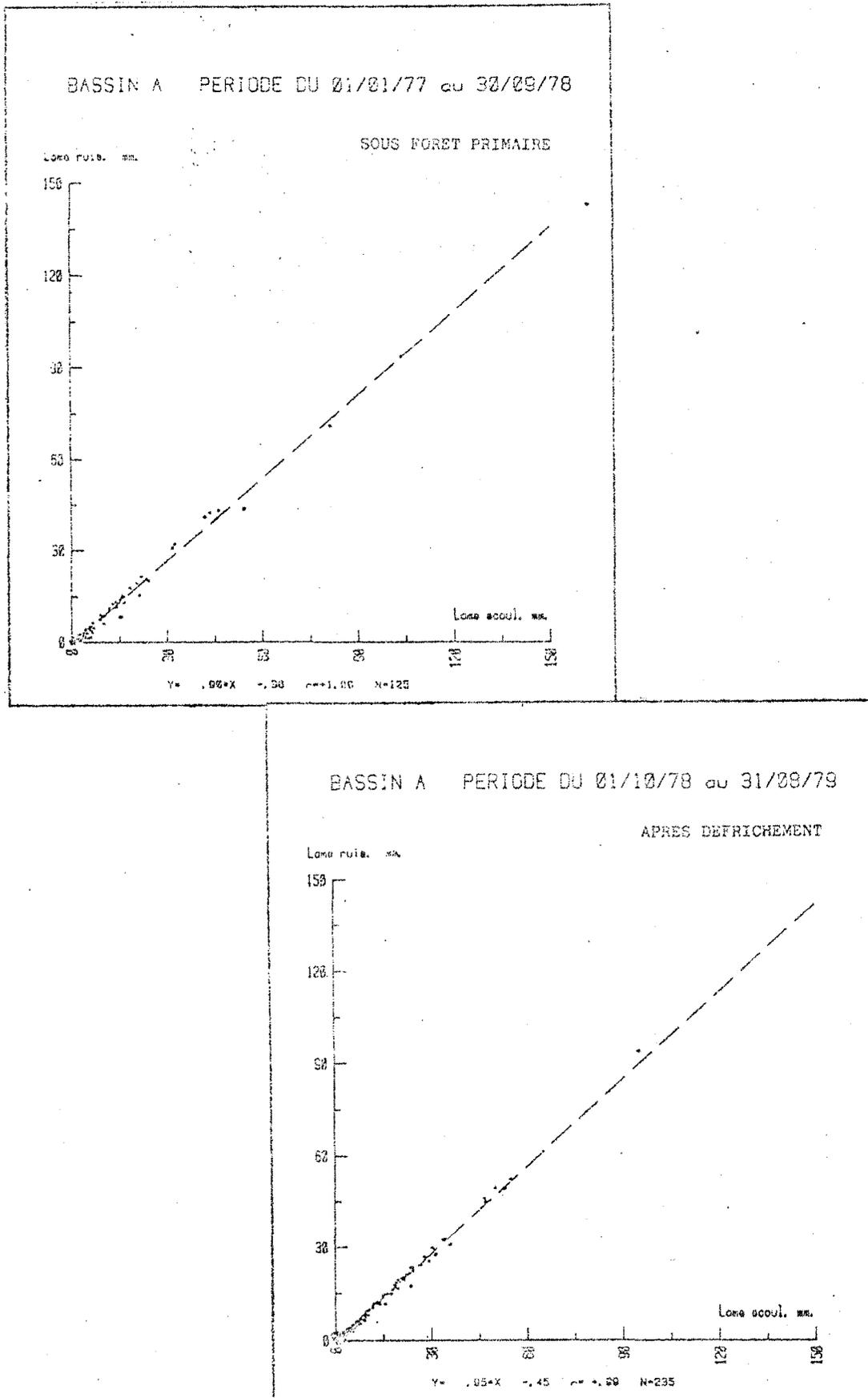


Fig. 4a : Relation ruissellement-écoulement par crue sous forêt primaire et après défrichement du bassin A.

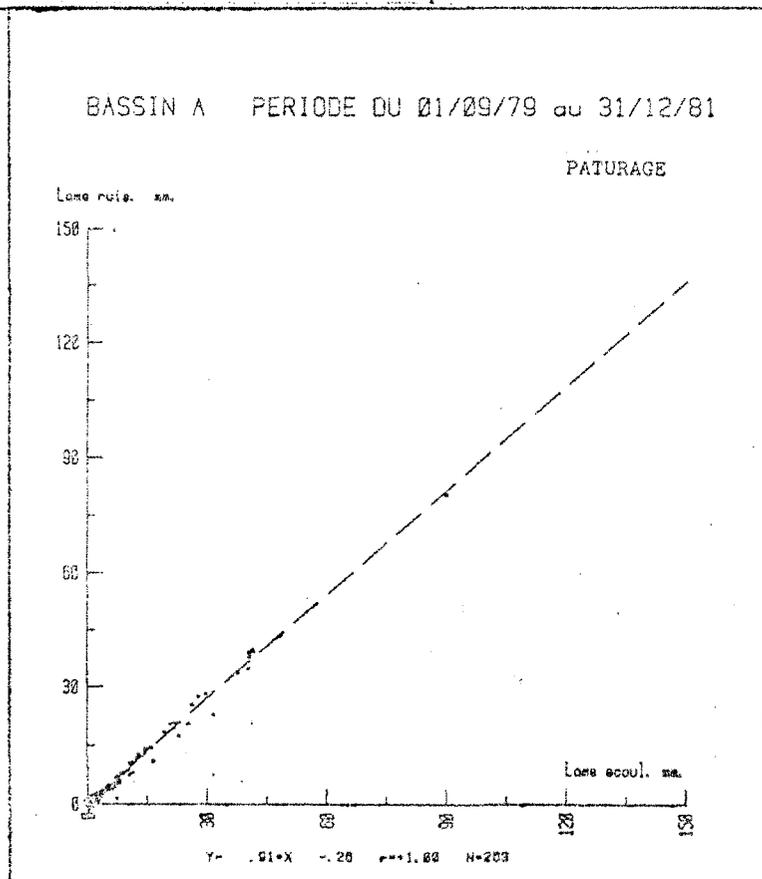
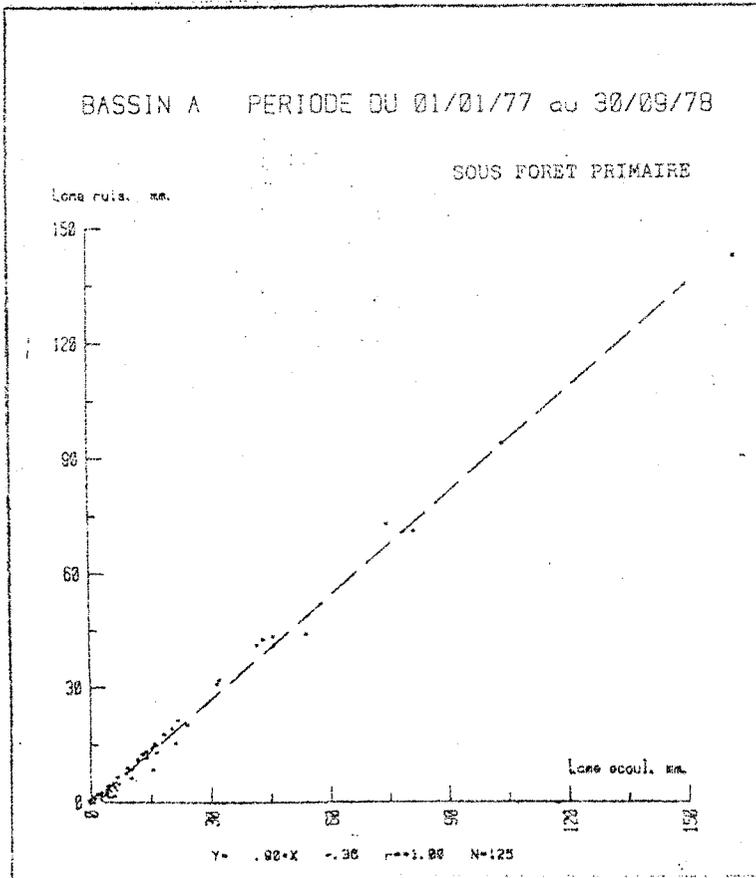


Fig. 4b : Relation Ruissellement-écoulement par crue sous forêt primaire et après plantation de *Digitaria swazilandensis* sur le bassin A.

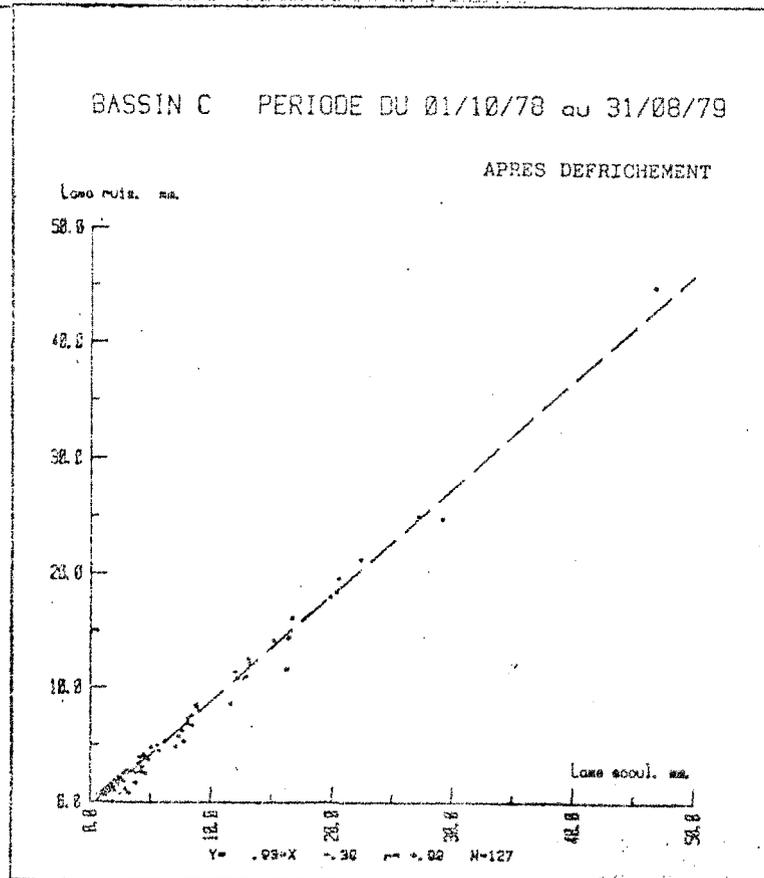
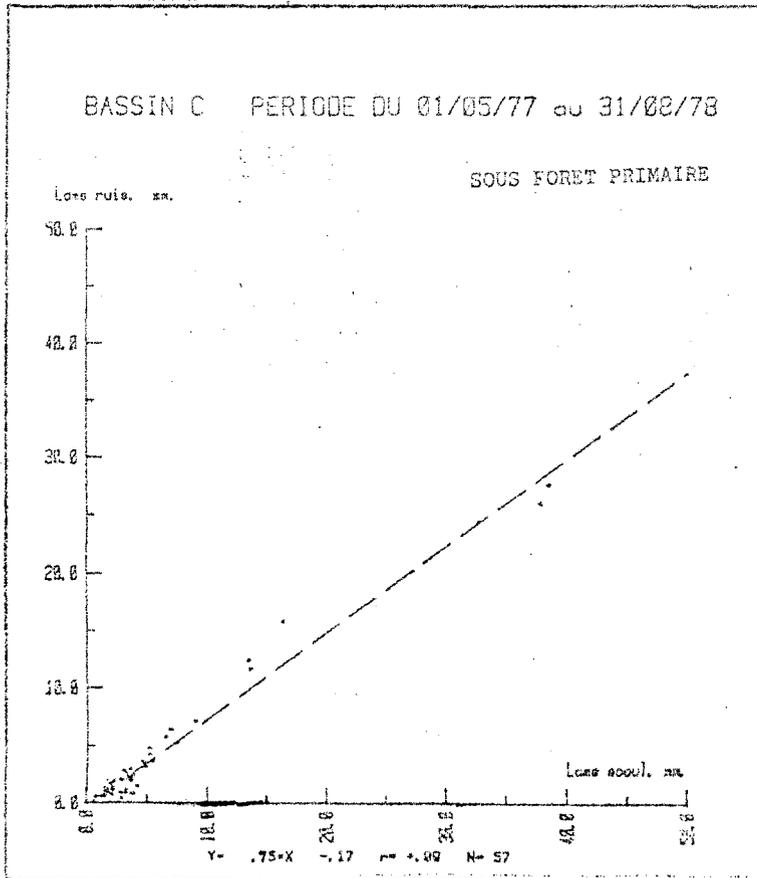


Fig. 5a : Relation Ruissellement-écoulement par crue sous forêt primaire et après défrichage du bassin C.

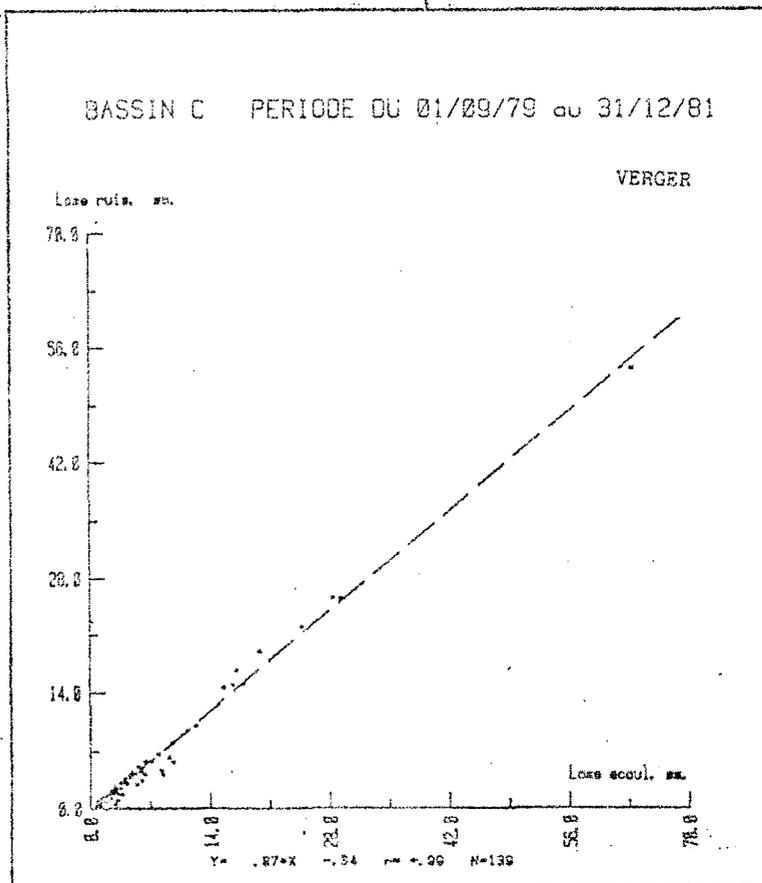
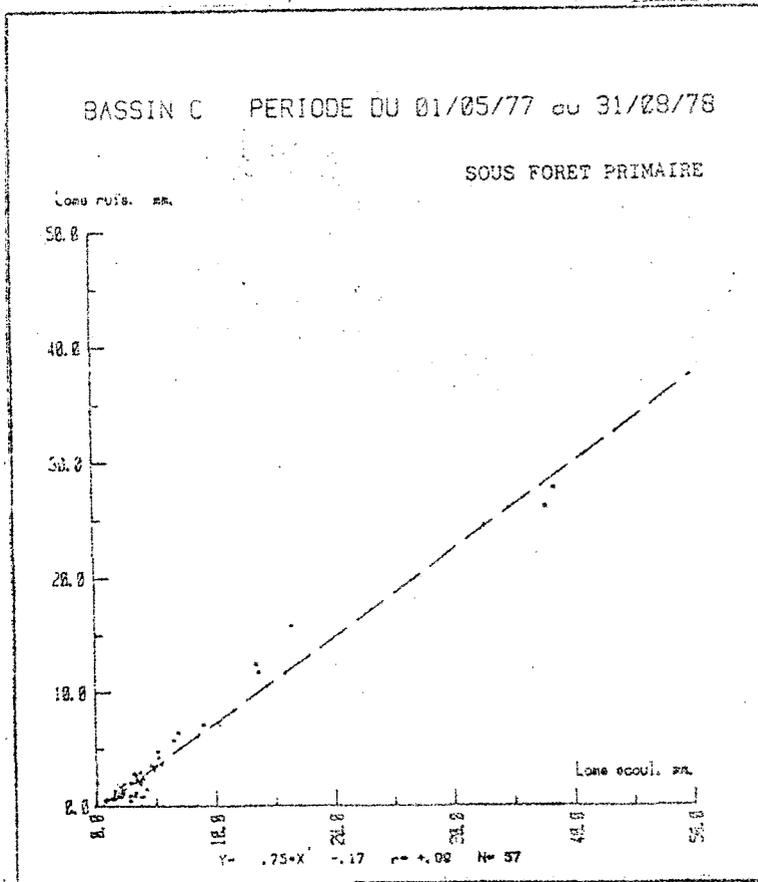


Fig. 5b : Relation Ruissellement-écoulement par crue sous forêt primaire et après plantation des pomélos et du pâturage à Bracharia USDA sur le bassin C.

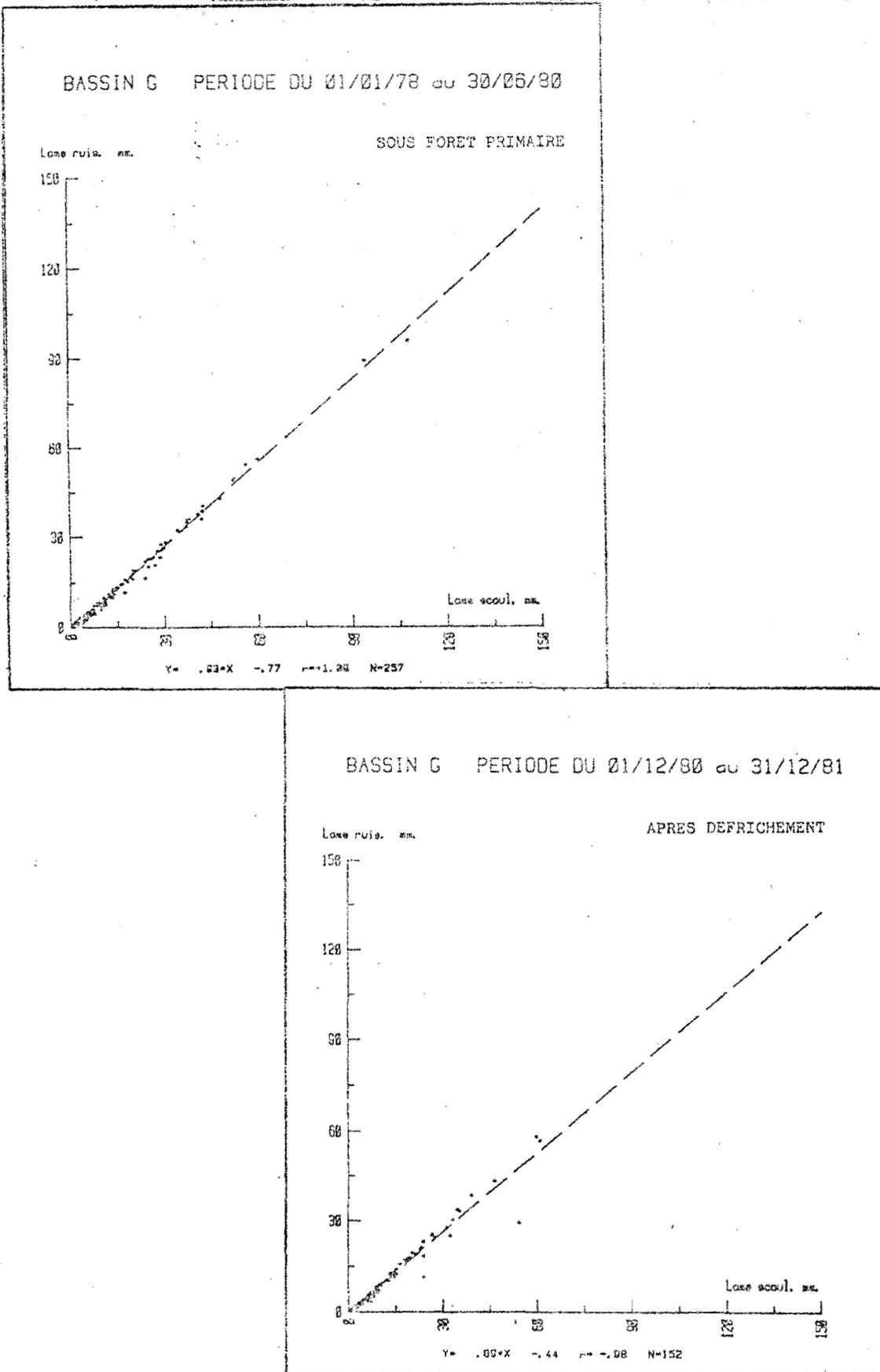


Fig. 6 : Relation Ruissellement-écoulement par crue sous forêt et après défrichage du bassin G.

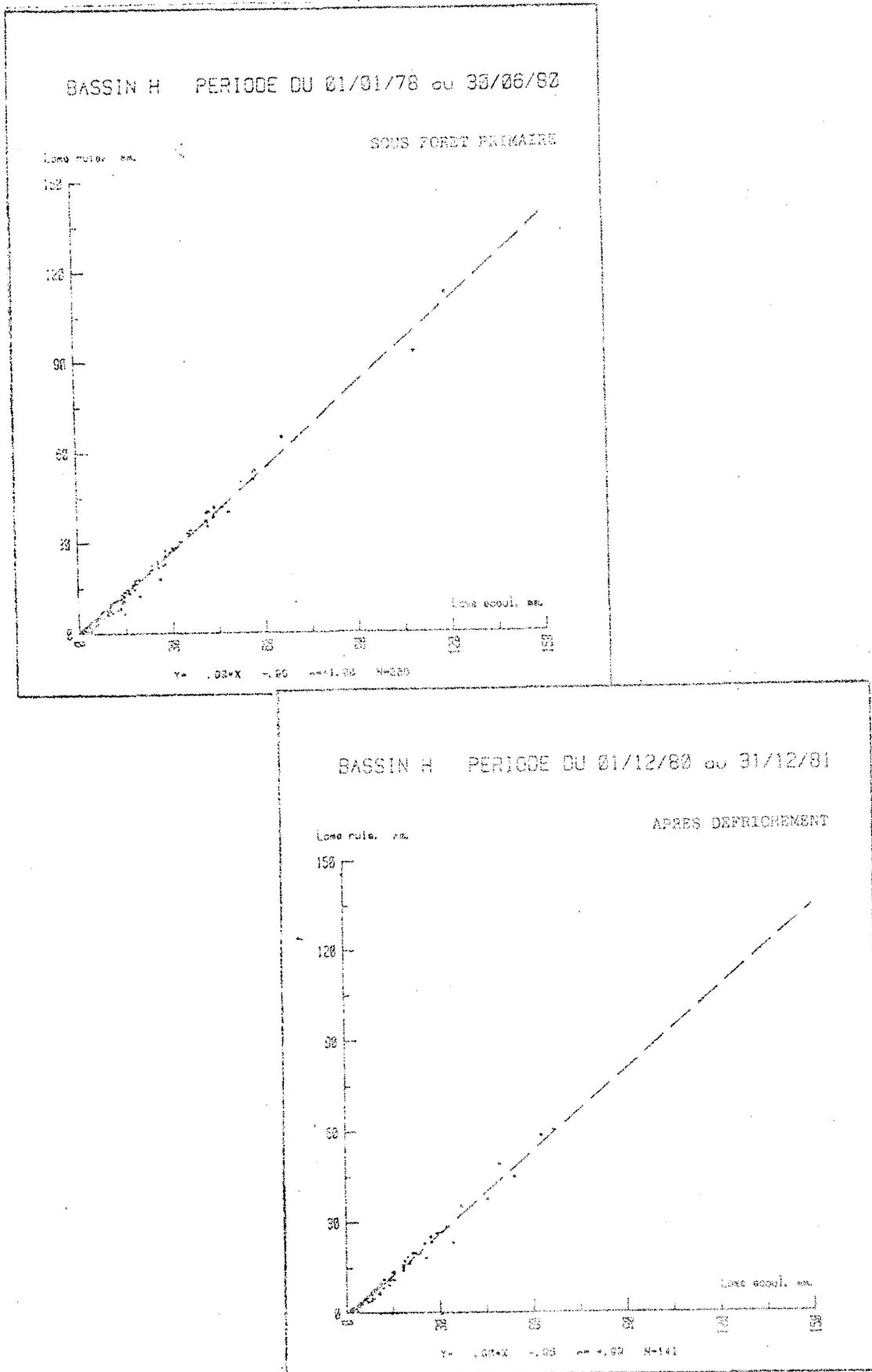


Fig. 7 : Relation Ruissellement-écoulement par crue sous forêt et après défrichement du bassin H.

Comme pour la fonction de production du ruissellement, on constate donc que la "torrentialité", c'est-à-dire le rapport ruissellement/écoulement est peu modifié par le défrichement pour les bassins à drainage vertical bloqué, mais que des changements significatifs s'opèrent dans le comportement hydrologique à la fois en nature et en quantité pour les sols à drainage vertical.

L'examen des valeurs de a et b sur le tableau 2, permet de constater que la mise en place de pâturage sur le bassin A ramène la torrentialité vers des valeurs très proches de celle du domaine forestier, alors que sur le bassin C la part du ruissellement demeure sous pâturage de l'ordre de 87 % contre 75 % en forêt primaire.

#### 4 - L'EVOLUTION HYDROLOGIQUE DES BASSINS TRAITES PAR RAPPORT A CELLE DES BASSINS TEMOINS

La comparaison des relations pluie-débit, année par année, d'un même bassin à différents stades écologiques introduit d'un biais important selon la quantité et le régime des précipitations, le rendement hydrologique peut être profondément modifié d'une année sur l'autre et il est à priori difficile d'extraire la variation due au défrichement et à la mise en culture de celle provoquée par la pluviométrie incidente, à moins de disposer d'un modèle multi-paramètres rendant compte des variations d'humidité du sol, de l'évapotranspiration, de l'intensité des pluies, etc...

Le recours au bassin témoin élimine cette hétérogénéité simplement, puisque celui-ci subit les avatars climatiques de la même façon que le bassin traité et évolue donc parallèlement à celui-ci pour peu que les conditions hydro-pédologiques soient de même nature sur les deux unités.

La méthode la plus adaptée pour ces comparaisons demeure celle des doubles masses. On a représenté ce cumul chronologique de différents paramètres hydrologiques par couple de bassins (bassin témoin, bassin traité) sur les figures 8 et 9 (écoulement total), 10 et 11 (écoulement des crues), 12 et 13 (ruissellement des crues).

Le cumul est fait à partir des événements "crues" individualisées, un point marque la fin de chaque mois et un tiret vertical la fin de chaque année. Toute rupture de pente est interprétée comme l'origine d'une modification hydrologique du bassin traité. La valeur des pentes de chaque bassin par rapport au témoin et par rapport à son propre état originel fait l'objet des Annexes I, II III et IV. Ces valeurs sont reprises et commentées ci-après.

.../...

4.1. L'écoulement total pendant la période considérée

BASSIN	DEFRICHEMENT	PATURAGE
H	1,50	
G	1,66	
C	1,77	1,94
A	1,84	1,73

Tableau 3 : augmentation relative de l'écoulement total des bassins traités par rapport à celui sous forêt primaire dans les mêmes conditions.

Ces chiffres indiquent une augmentation sensible de l'écoulement des eaux de surface après défrichage dans un ordre à peu près inverse des potentialités d'écoulement originel H, G, A, C (M.A ROCHE, 1982).

Le bassin A, le plus réactif à ce paramètre est celui qui ne bénéficie pratiquement d'aucune contribution de la nappe, alors que G et H sont partiellement alimentés par un inféro-flux superficiel et C par des réserves plus profondes. On peut penser que le régime de ces nappes est relativement moins perturbé par le défrichage que ne l'est l'aptitude au ruissellement superficiel, pour expliquer le gain important réalisé par le bassin A.

En ce qui concerne les effets de pâturage, les résultats sont contradictoires entre bassins A et C. Le premier voit son écoulement diminuer avec *Digitaria swazilandensis* par rapport au sol nu (-6 %) alors que l'écoulement de C augmente sous *Bracharia* USDA et jeunes plants de pomélos.

On peut en conclure le micro-relief laissé par les engins de défrichage confère à ce type de sol drainant une perméabilité plus élevée que celle du pâturage, puisque l'écoulement augmente de près de 10 % pour les mêmes conditions climatiques incidentes.

4.2. L'écoulement des crues individualisées

.../...

Le paramètre "écoulement total" qui vient d'être discuté prend en compte l'ensemble des écoulements annuels et en particulier "l'écroumage" des nappes de bas-fond, phénomène en partie influencé par le génie civil, les fondations du déversoir étant susceptibles d'intercepter une partie de l'écoulement souterrain et de la faire transiter au profit des eaux de surface.

Par contre, l'eau qui s'écoule pendant les seules crues, et dont on a vu qu'elles étaient composées essentiellement de ruissellement est un paramètre totalement objectif et qui n'est pratiquement pas influencé par le dispositif de mesures.

Le classement des bassins est cette fois conforme à ce que l'on pouvait attendre, l'écoulement augmentant d'autant plus que le bassin coulait moins sous forêt primaire.

BASSIN	DEFRICHEMENT	PATURAGE
H	1,57	
G	1,75	
A	1,83	1,68
C	2,16	2,21

Tableau 4 : augmentation relative de l'écoulement en crue des bassins traités par rapport à celui sous forêt primaire dans les mêmes conditions.

Néanmoins le classement par valeurs absolues des potentialités d'écoulement des bassins défrichés et non plus en gain relatif, demeure pratiquement inchangé par rapport au domaine forestier (tableau 5).

BASSIN	PERIODE DE REFERENCE	FORET (RECONSTITUE)	DEFRICHEMENT
H	12/80-12/81	28,3 %	44,4 %
G	12/80-12/81	27,5 %	45,6 %
A	12/78-04/79	25,4 %	46,4 %
C	12/78-04/79	10,3 %	22,3 %

Tableau 5 : coefficient d'écoulement en crue observés sur les bassins défrichés et reconstitués sous forêt à partir du bassin témoin pour la même période de référence.

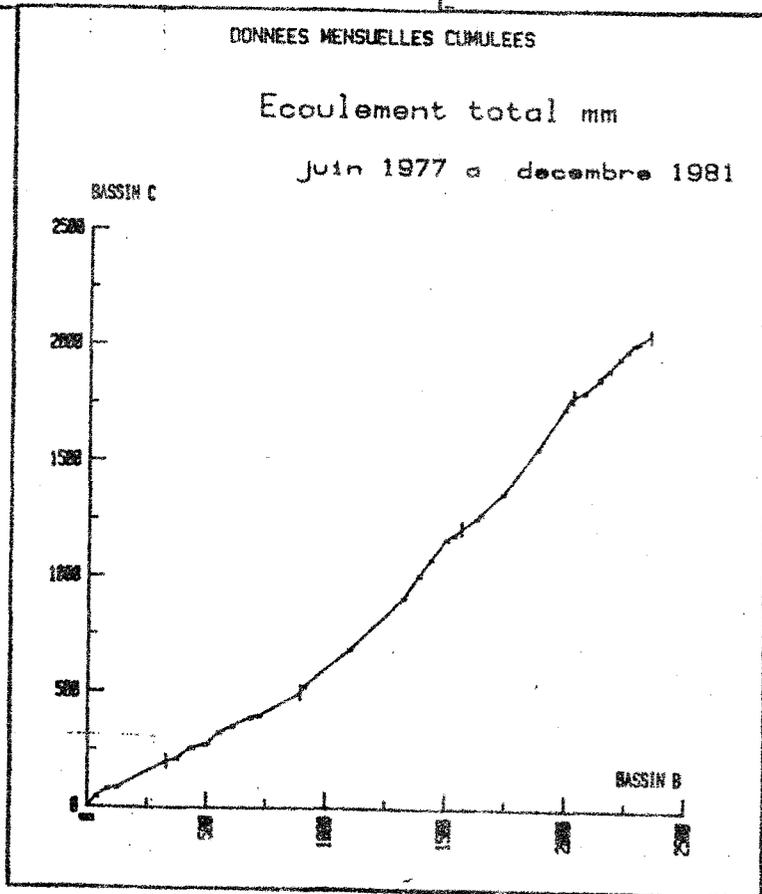
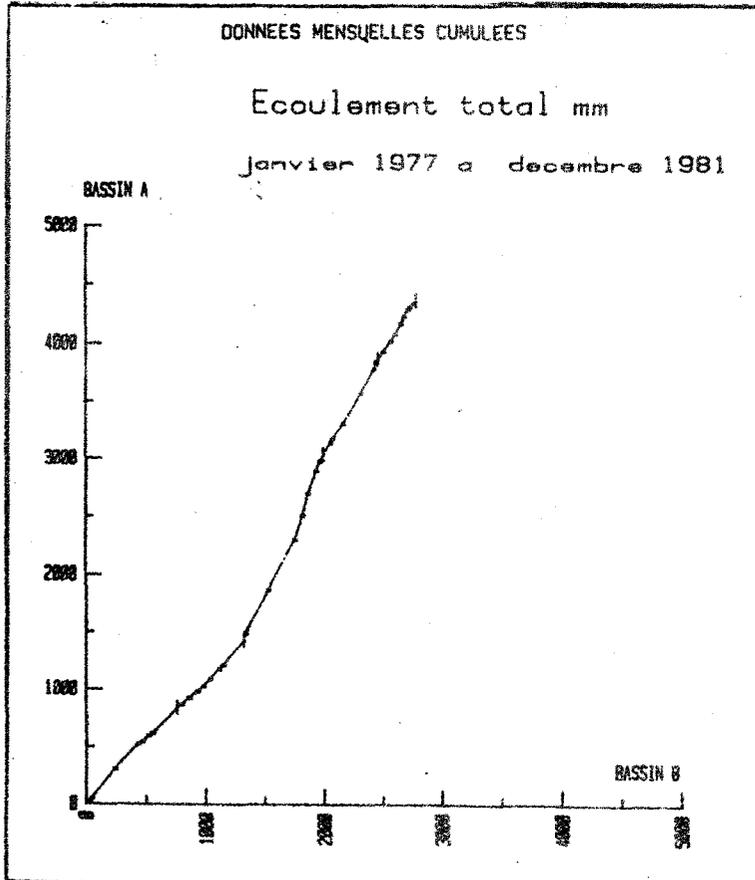


Fig. 8 : Evolution cumulée de l'écoulement superficiel total entre les bassins traités et le bassin témoin : A et B, C et B.

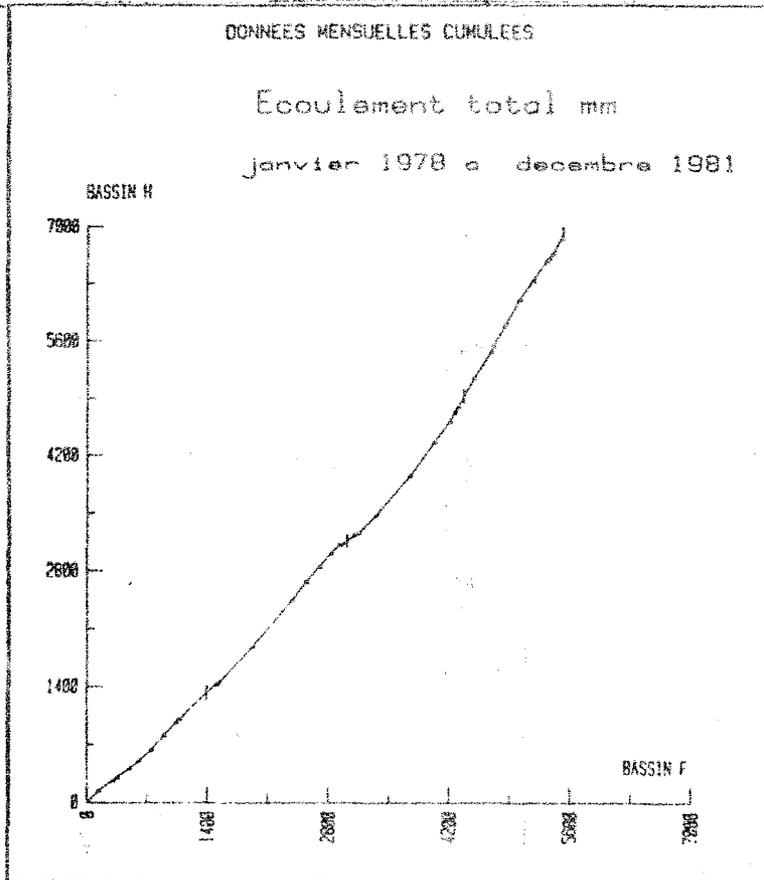
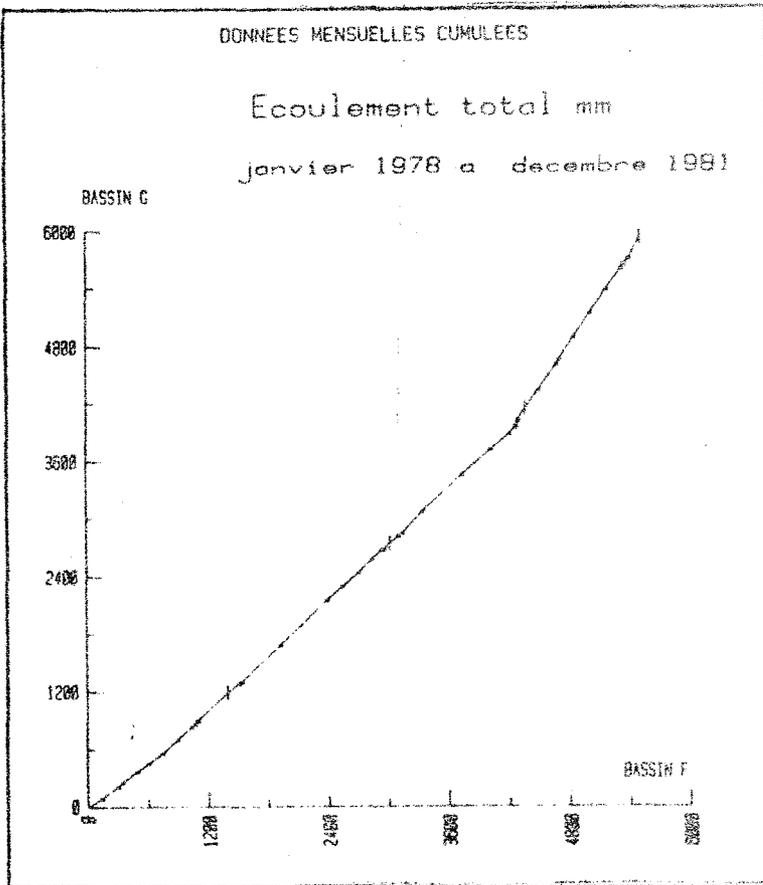


Fig. 9 : Evolution cumulée de l'écoulement superficiel total entre les bassins traités et le bassin témoin : G et F, H et F.

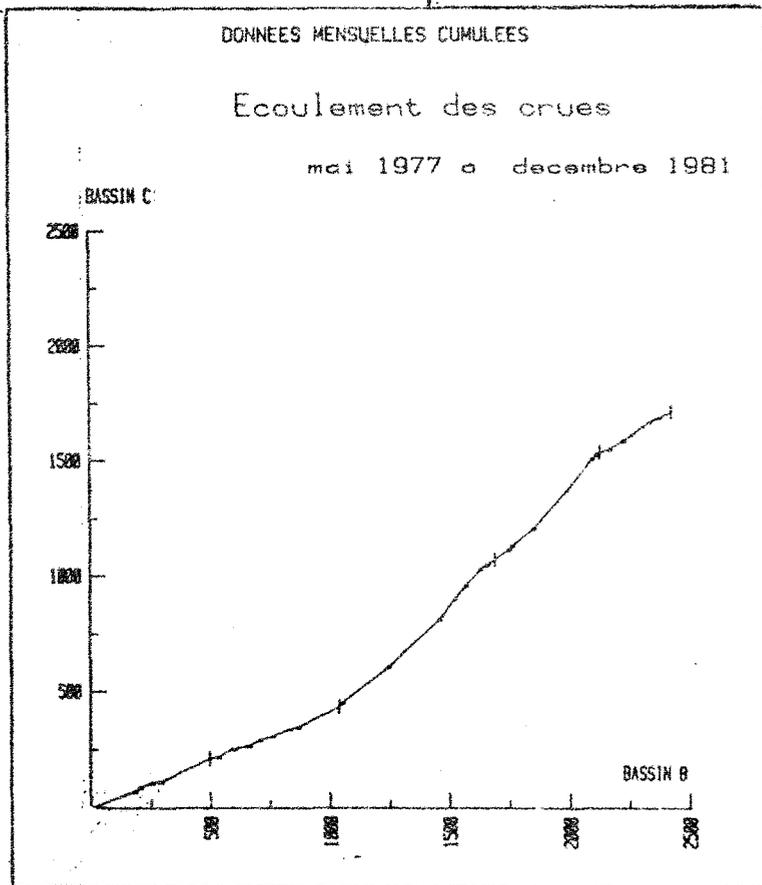
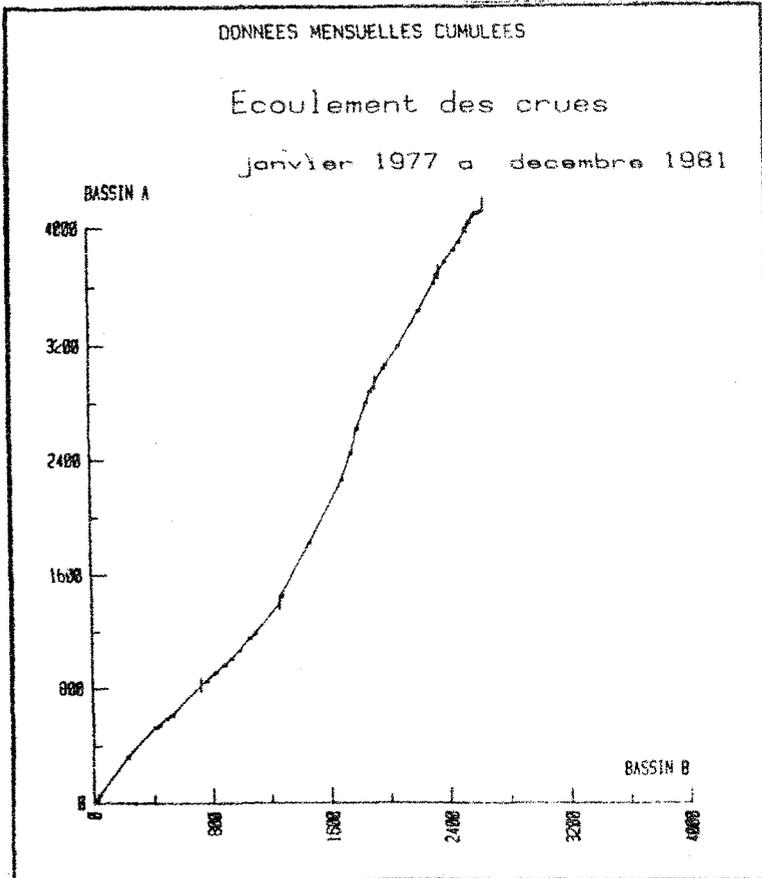


Fig. 10 : Evolution cumulée de l'écoulement des crues entre les bassins traités et le bassin témoin : A et B, C et B.

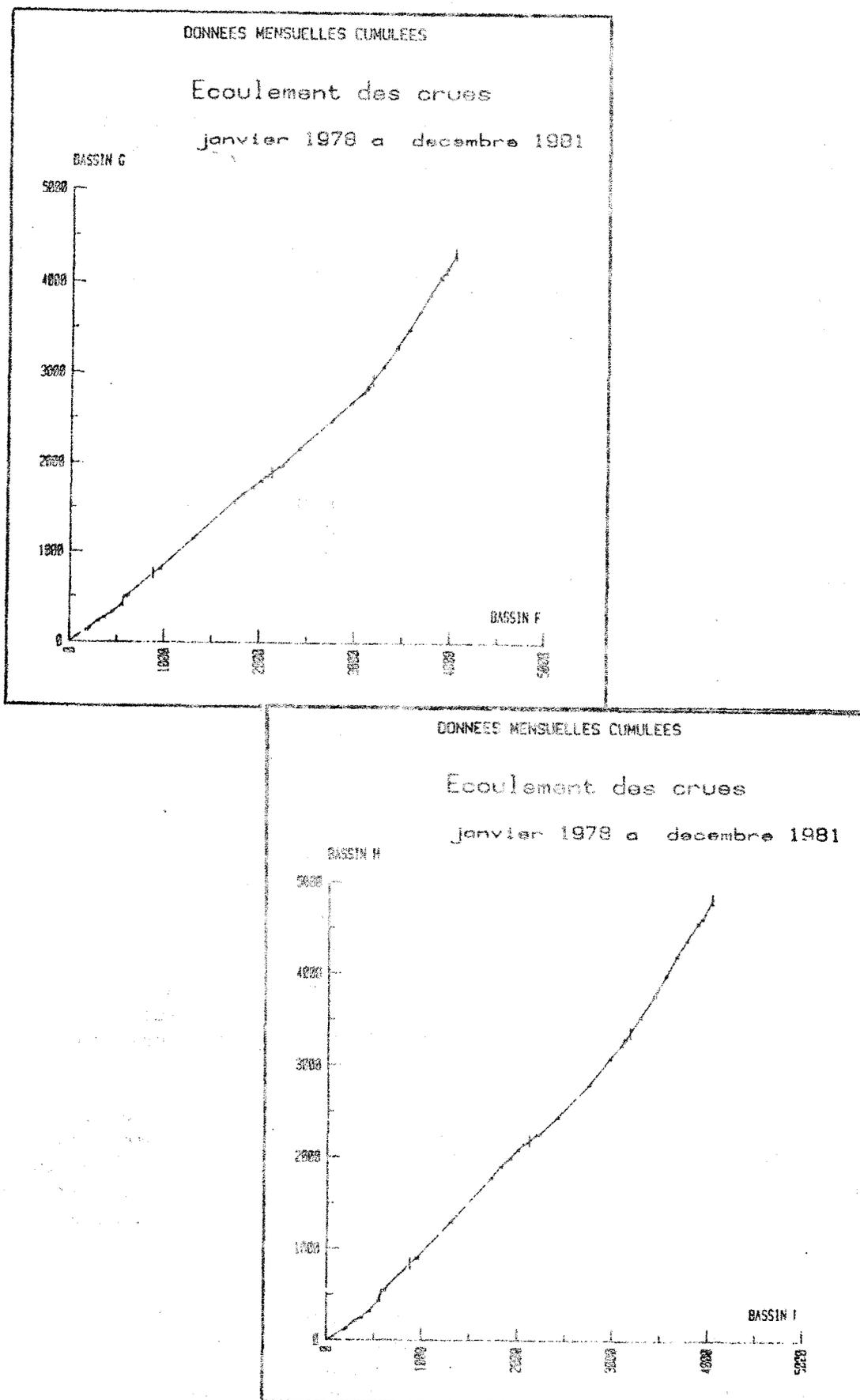


Fig. 11 : Evolution cumulée de l'écoulement des crues entre les bassins traités et le bassin témoin G et F, H et F.

On notera que la dispersion en données absolues est très serrée avec une valeur quasi constante de 45 % du coefficient d'écoulement des crues pour les sols à drainage bloqué.

L'examen des écoulements de crue après mise en place des aménagements sur les bassins A et C (tableau 4) montre une évolution semblable au paramètre écoulement total déjà décrit, c'est-à-dire légère diminution (1,83 à 1,68) après l'implantation du pâturage sur A, et croissance continue sur C (2,16 à 2,21).

#### 4.3. Le ruissellement

Les changements dans le ruissellement sont sensiblement identiques à ceux décrits dans le paragraphe précédent et qui englobaient la totalité du volume de l'hydrogramme du moins pour les 3 bassins H, G et A. Seul le ruissellement du bassin C après défrichement continue d'augmenter très sensiblement : 2,53 contre 2,16.

BASSIN	DEFRICHEMENT	PATURAGE
H	1,51	
G	1,73	
A	1,89	1,64
C	2,53	2,36

Tableau 6 : augmentation relative du ruissellement des bassins traités par rapport à celui sous forêt primaire dans les mêmes conditions.

On remarque aussi que cette fois ce paramètre diminue avec la mise en place du pâturage par rapport au sol nu : si le volume global des crues augmente comme on l'a mis en évidence précédemment, une part importante de l'eau s'écoule de façon légèrement différée donnant un hydrogramme plus "mou" dans lequel le ruissellement pur est en récession entre le bassin défriché et la combinaison pâturage-verger.

Il faut cependant garder à l'esprit que ce facteur multiplicatif considérable (X 2.5) permet néanmoins à l'écoulement superficiel de se maintenir sur ces sols dans des valeurs absolues de loin les plus basses de tout le dispositif puisque le coefficient de ruissellement du bassin C n'aura été que de 18 % pour la période décembre 78-mai 79, contre 41 % par exemple au bassin A défriché et placé dans les mêmes conditions.

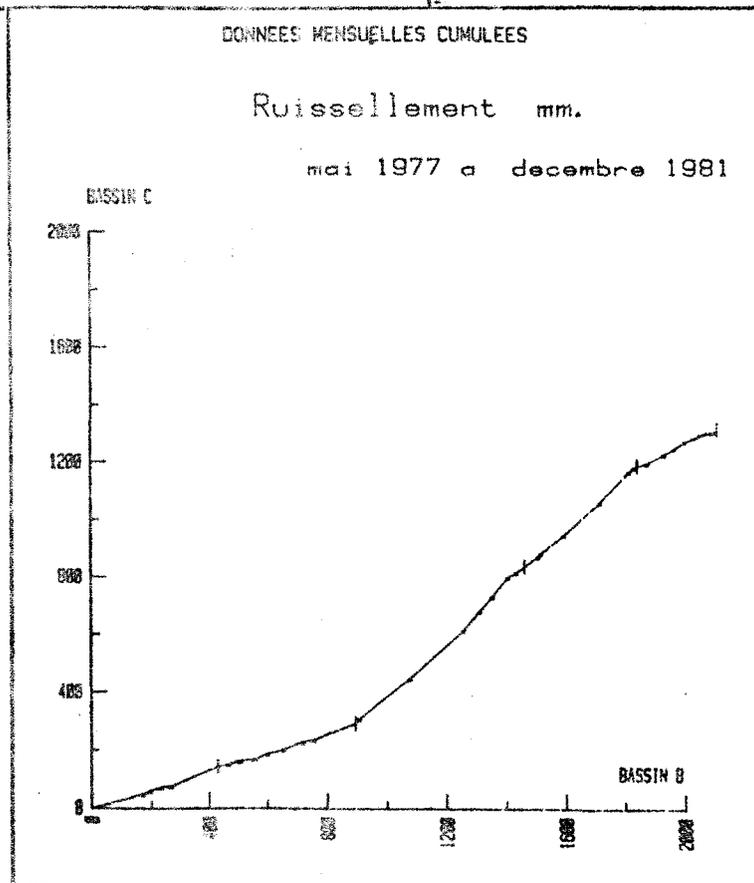
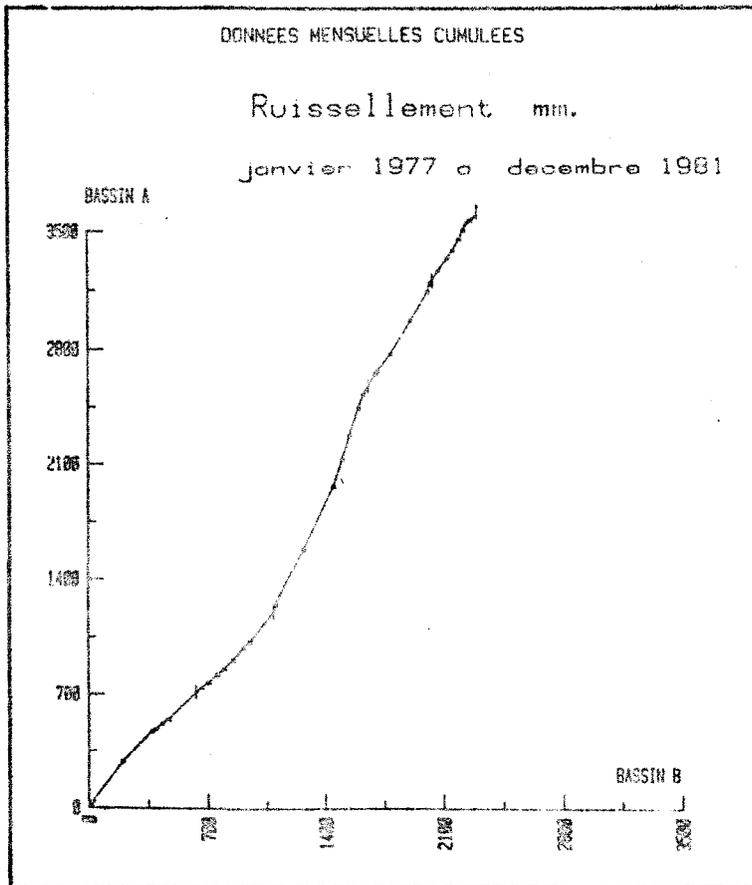


Fig. 12 : Evolution cumulee du ruissellement entre les bassins traites et le bassin temoin : A et B, C et B.

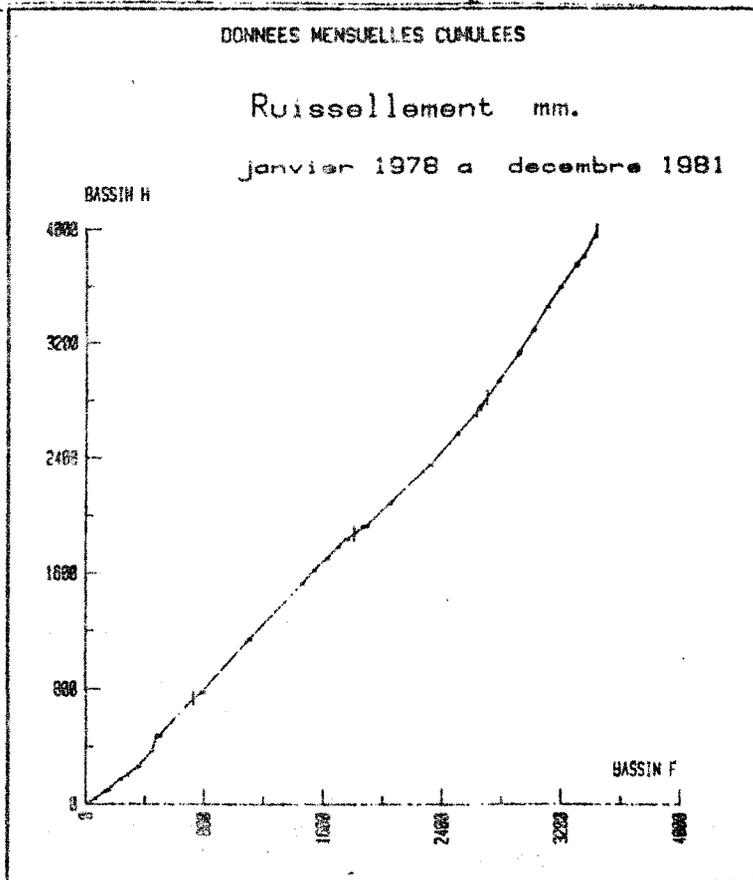
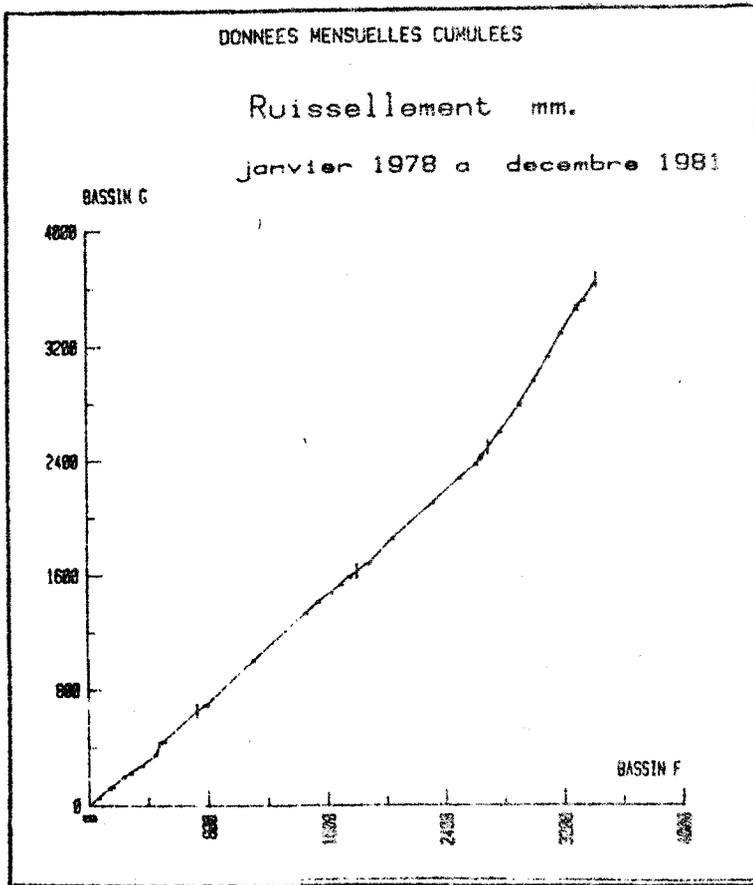


Fig. 13 : Evolution cumulée du ruissellement entre les bassins traités et le bassin témoin : G et F; H et F.

C'est qu'en fait, on n'aurait mesuré 7 % de ruissellement seulement pendant la même période sous forêt primaire sur ce bassin C.

La figuration graphique de cette discussion, concernant les bassins A et C fait l'objet de la figure 14.

#### 4.4. Le nombre de crues

Il y a une contradiction apparente importante entre les conclusions de l'étude des relations pluie-écoulement par bassin à différents stades de l'expérimentation tels qu'elles ont été présentées au paragraphe 2 et qui, sauf pour le bassin C, concluaient à des changements non significatifs dans les fonctions de production de l'écoulement à partir de la pluie de l'averse et celles que l'on peut tirer des paragraphes précédents, obtenues à partir des bassins témoins et où l'on a vu augmenter les écoulements dans des rapports de 1,5 à 2, voire plus encore.

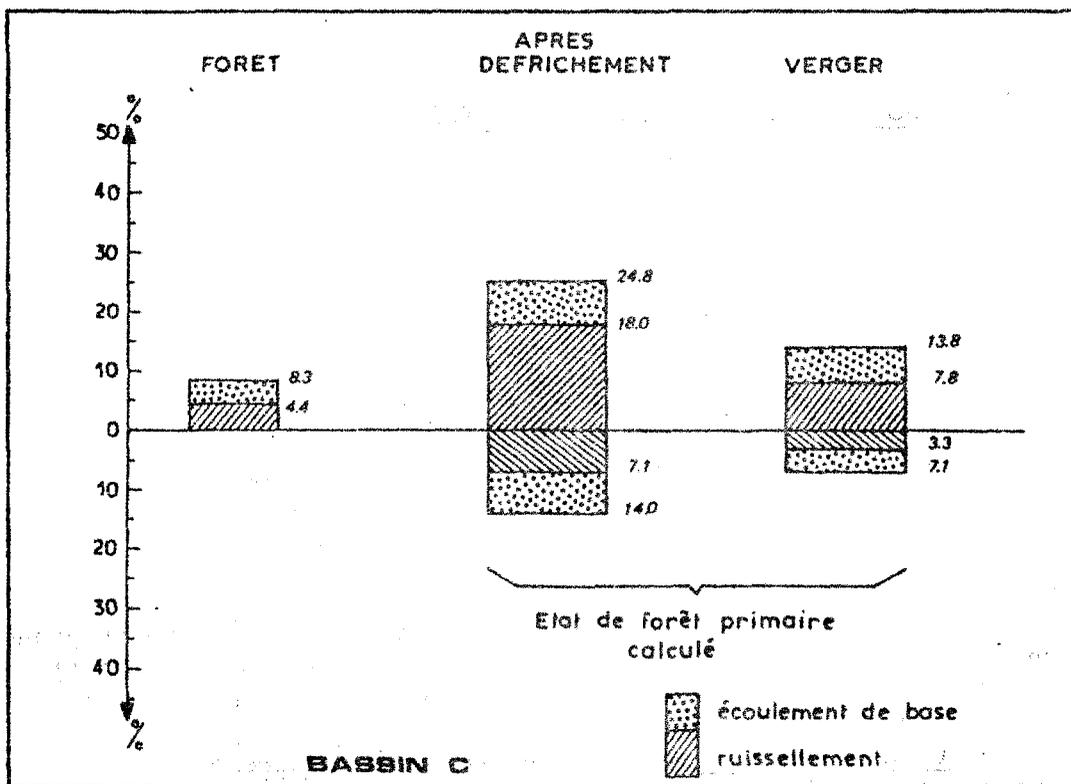
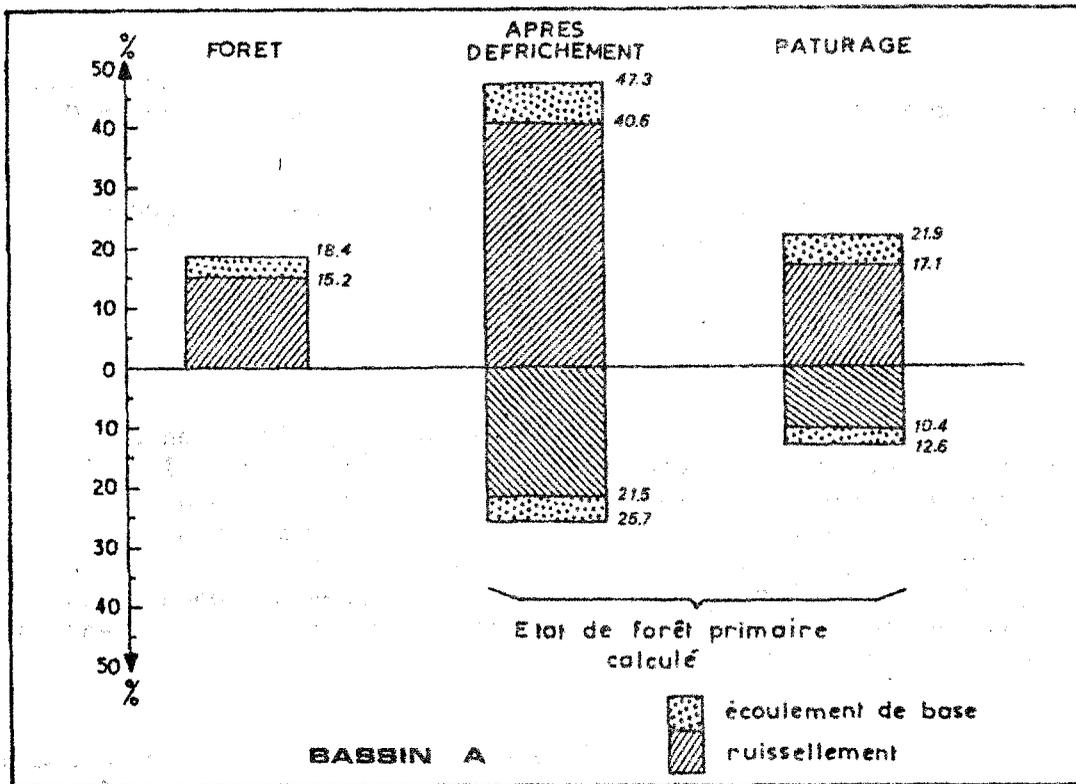
Une explication peut être cherchée dans la considération du nombre de crues observées dans chacun des stades des bassins traités et en comparant leur occurrence avec celles du bassin témoin.

BASSIN	DEFRICHEMENT	PATURAGE
H	1,36	
G	1,40	
A	2,44	2,21
C	1,82	2,10

Tableau 7 : augmentation relative du nombre des crues sur les bassins traités par rapport à celui sous forêt dans les mêmes conditions.

On constatera que ces chiffres sont dans un ordre de grandeur voisin de ceux obtenus par la méthode des doubles masses pour les différentes phases de l'écoulement. En première approximation, l'augmentation des coefficients d'écoulement n'est pas due à des volumes de crue plus importants pour une hauteur de pluie donnée mais surtout par l'occurrence de crues nouvelles qui ne se produisent pas sous couvert forestier.

.../...



EVOLUTION DES ECOULEMENTS EN % DE LA PLUIE SUR LES BASSINS ECEREX

Fig. 14

Cette affirmation s'applique essentiellement aux sols à drainage bloqué et dans une moindre mesure aux sols perméables sur lesquels les modifications proviennent à la fois de crues nouvelles et de l'accroissement de l'écoulement par averses que l'on avait estimé dans un rapport de 1,4 pour une averse de 25 mm (cf. 3).

Ces crues nouvelles proviennent à la fois des pluies qui seraient totalement ou partiellement interceptées par la canopée forestière et qui atteignent le sol après défrichage et de probables modifications dans le régime hydrique des sols après le traitement mécanisé qu'ils ont subi. S'il ne nous est pas encore possible de faire la part de ces deux phénomènes on peut prendre en considération des mesures d'interception réalisées en forêt guyanaise dans les mêmes conditions sylvicoles que celles des bassins expérimentaux (M.A. ROCHE, 1982).

La compilation de ces relevés nous apprend que la pluie tombée dans 32 pluviomètres répartis sous la voûte forestière a été de 2582 mm entre mars 1974 et février 1975 contre 3050 mm recueillis dans un pluviographe situé en clairière à proximité immédiate.

Si l'on adopte en première approximation une proportionnalité linéaire entre la pluie incidente et l'interception, on peut essayer de rapprocher les gains d'écoulement constatés sur les bassins convertis en lacs d'eau équivalente, avec les quantités d'eau disponibles par suppression de l'interception (tableau 8).

BASSIN	PLUVIOMETRIE (mm)	INTERCEPTION (1) (mm)	ACCROISSEMENT EN CRUE (mm) (2)	(2)-(1) (mm)
G	3173	487	620	133
H	3408	523	550	27
A	2309	354	485	131
C	2475	380	295	-85

Tableau 8 : bilan de l'excédent de l'écoulement en crue après défrichage avec l'eau disponible par suppression de l'interception de la pluie par la voûte forestière.

.../...

Pour ce bilan, on a utilisé l'écoulement total des crues, de façon à limiter au maximum l'influence de la variation de l'évapotranspiration entre l'écosystème forestier (ETR) et le sol nu. La durée des crues représente en effet un temps très court, par exemple 757 heures en 1981 sur G, soit 8,7 % du temps. Cette variation de l'ETR, que nous ne connaissons pas n'intervient à cette échelle que de façon indirecte, en modifiant l'état d'humectation du sol nu par rapport à un témoin forestier. En fin de compte c'est le phénomène hydrologique de formation du ruissellement qui est principalement pris en compte dans la dernière colonne du tableau 8.

Sur les sols à drainage bloqué, l'accroissement de l'écoulement dépasse l'excédent d'eau qui arrive au sol après déforestation (+ 133 mm sur G pour l'année 1981, + 131 mm sur A pour les 5 mois de saison pluvieuse en 1979). Seul le bassin H semble faire exception (+ 27 mm), mais ce comportement est lié aux techniques du défrichement (andin en forme de banquette autour du talweg).

D'un point de vue écologique, le fonctionnement hydrologique de ces sols se dégrade avec la déforestation, puisque l'aptitude au ruissellement augmente et que pas même une faible partie de l'eau fournie en excédent ne s'infiltré pour constituer des réserves : toute la lame excédentaire et même davantage s'écoule dans les minutes qui suivent l'averse.

Pour les sols à drainage, libre, (bassin C) le bilan (2)-(1) est négatif (-85 mm), ce qui signifie que ce type de sol réussit à sauvegarder une partie de l'excédent fourni par le déforestation (22 %). L'effet hydrologique de la coupe est donc tamponné sur ce milieu alors qu'il était exacerbé sur drainage bloqué.

#### 4.5. Les débits de pointe

L'observation sur le terrain et l'exploitation des enregistrements graphiques de hauteurs donne l'impression que les débits maximums des crues sont plus élevés après l'aménagement que sous forêt : Qu'en est-il exactement ?

Pour cela on a sélectionné les crues moyennes à fortes sur les bassins traités et sur les bassins témoins. Le seuil de sélection a été de 30 l/s/ha pour les bassins traités et on a procédé au cumul double-masses pour ce paramètre.

L'expression graphique de cette démarche fait l'objet des figures 15, 16, 17 et 18 pour les bassins A, C, G et H respectivement dans les deux stades de forêt primaire et de sol nu.

.../...

Les pentes moyennes des courbes de doubles-masses s'établissent comme suit :

BASSIN	DEFRICHEMENT	PATURAGE
H	1,04	
G	1,45	
A	1,66	1,70
C	2,55	1,60

Tableau 9 : augmentation relative des débits maximums instantanés sur les bassins traités par rapport à ceux sous forêt dans les mêmes conditions.

Les effets relatifs sont manifestement très importants sur le bassin C comme on l'avait déjà constaté pour d'autres paramètres hydrologiques. Pour les bassins à drainage bloqué le facteur moyen de 1,5 peut être adopté pour l'augmentation du débit de pointe, la valeur 1,04 observée sur le bassin H étant une anomalie liée aux conditions du défrichement. Celui-ci, opéré en saison des pluies n'a pas permis au tracteur à chenilles de s'aventurer dans le bas-fond à proximité du talweg. Il a subsisté de ce fait pendant toute l'année 1981 un andin elliptique bordant le collecteur, composé de terre, de souches et de trumeaux qui s'est comporté en dispositif de conservation des sols "à la Monsieur JOURDAIN" (J.M. FRITSCH, 1983), d'où la stagnation particulière des débits maximums sur ce bassin.

Les effets réducteurs du pâturage sur les débits de pointe sont importants sur le bassin C, le rapport de ceux-ci au stade de forêt primaire passant de 2,55 à 1,60. Par contre aucun changement significatif sur le bassin A. Sur ce dernier bassin, on peut penser que la présence permanente des bovins crée des cheminements préférentiels pour l'eau de ruissellement, libres de tout obstacle entre les crêtes et le déversoir permettant des temps de concentration du même ordre que sur sol nu et de ce fait le quasi maintien des débits maximums dans les deux situations.

Notons bien que cette action des animaux n'interviendrait que sur la forme de l'hydrogramme, puisque la quantité d'eau ruisselée diminue avec la plantation du pâturage (de 1,89 à 1,64 (cf. 4.3.).

.../...

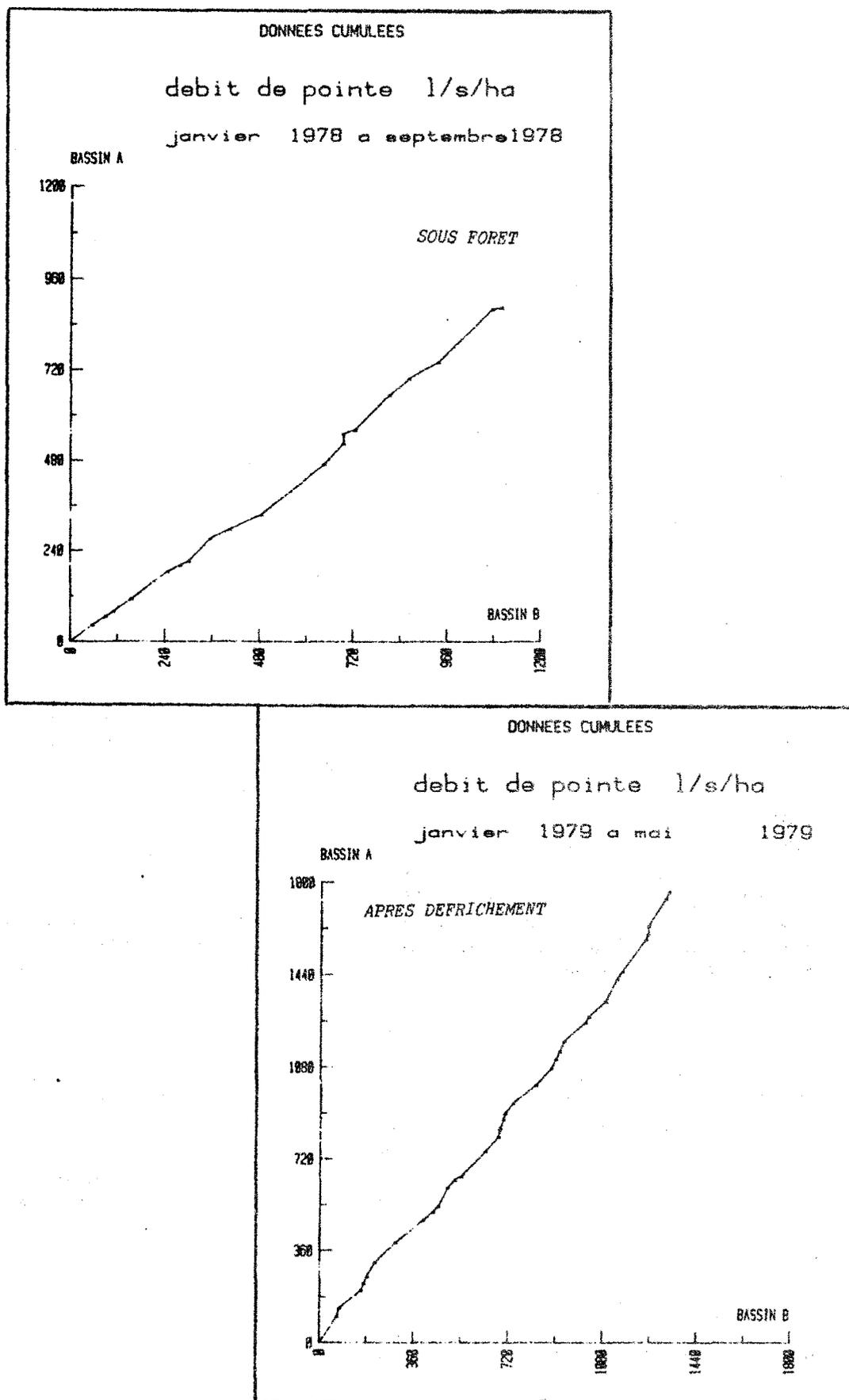


Fig. 15 : Evolution cumulée des débits de pointe  $> 30 \text{ l. s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  sur le bassin A et le témoin B, sous forêt primaire et après défrichement.

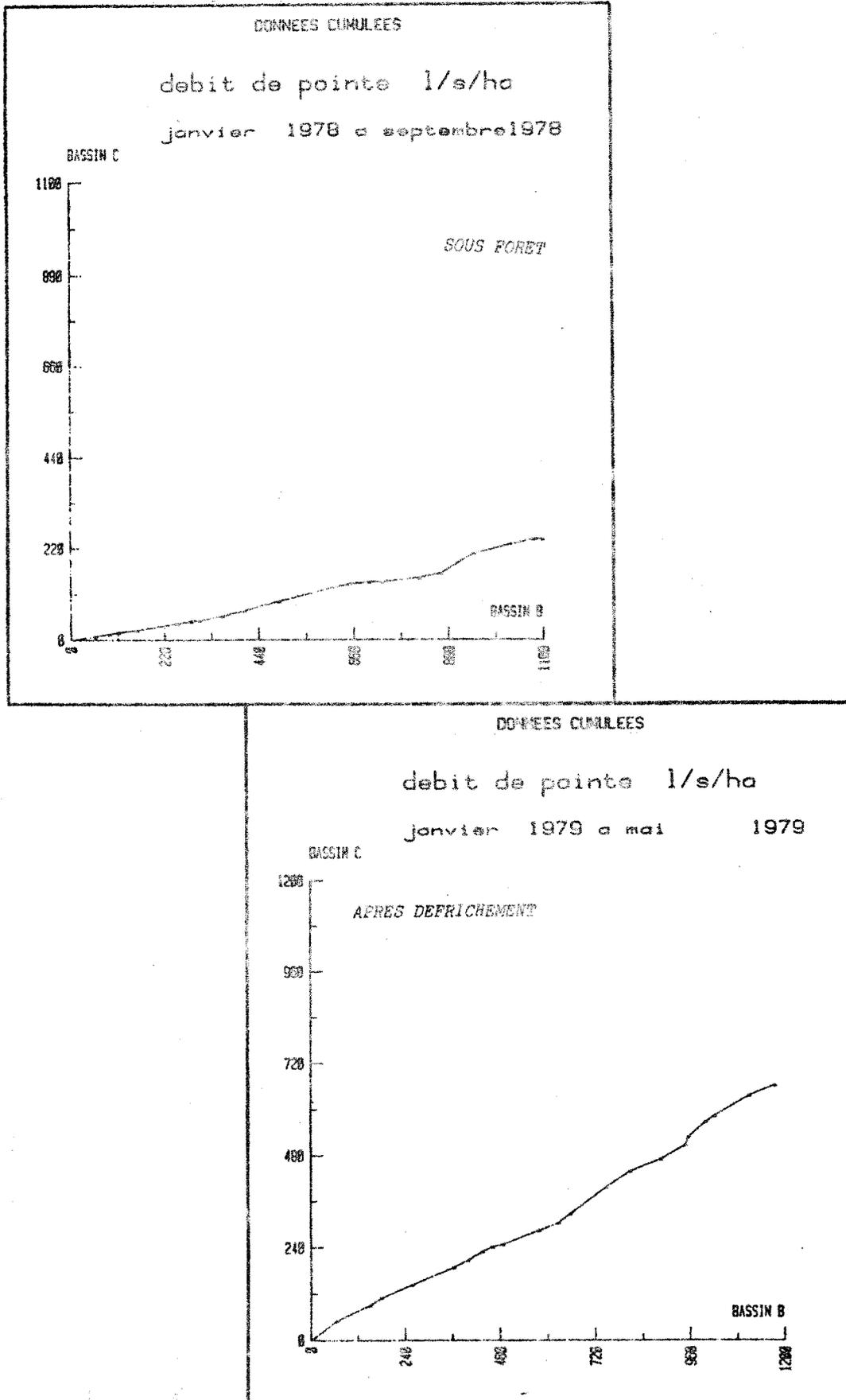


Fig. 16 : Evolution cumulée des débits de pointe > à 30 l. s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> sur le bassin C et le témoin B, sous forêt primaire et après défrichage.

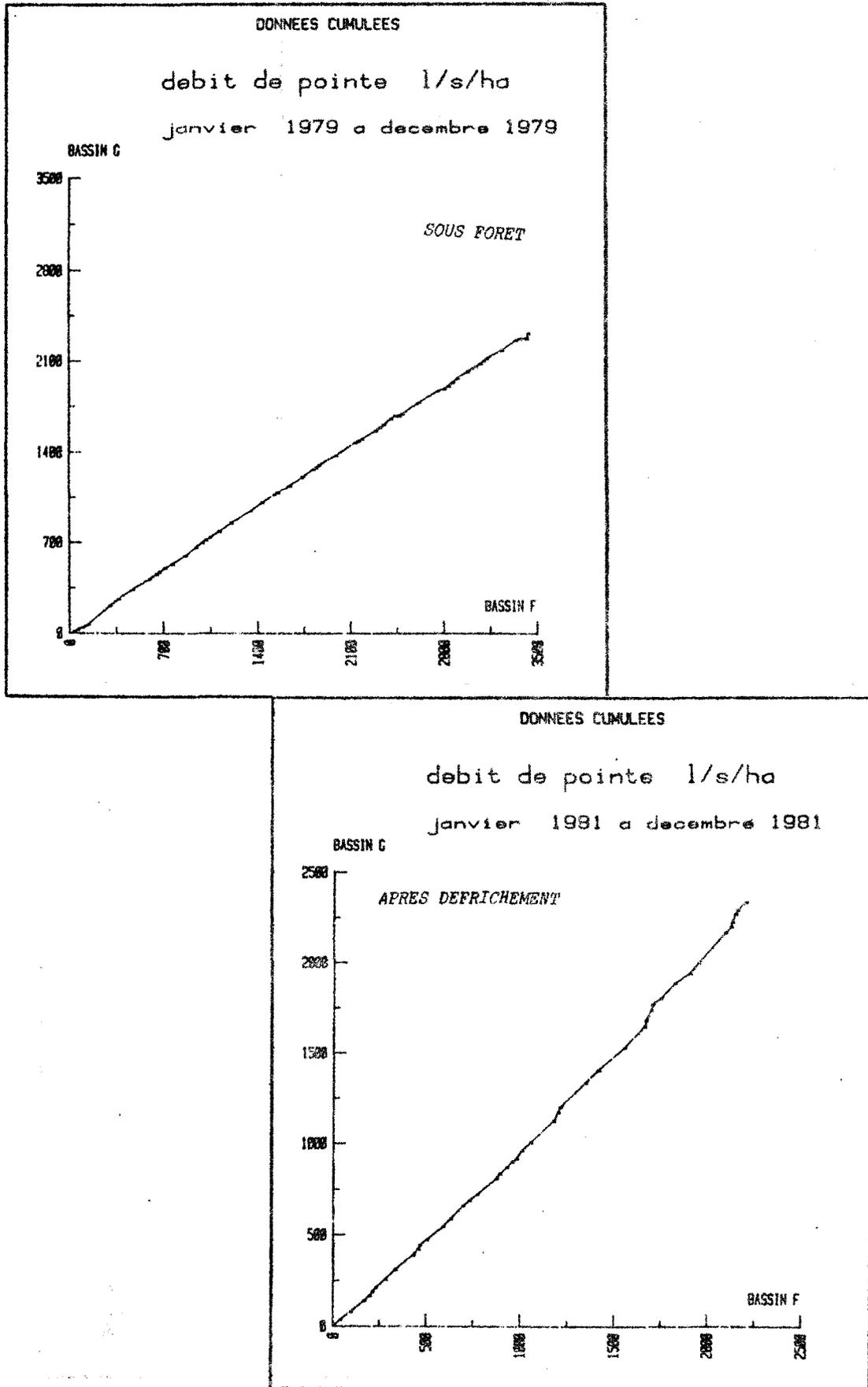


Fig. 17 : Evolution cumulée des débits de pointe  $>$  à  $30 \text{ l. s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  sur le bassin G et le Témoin F, sous forêt primaire et après défrichement.

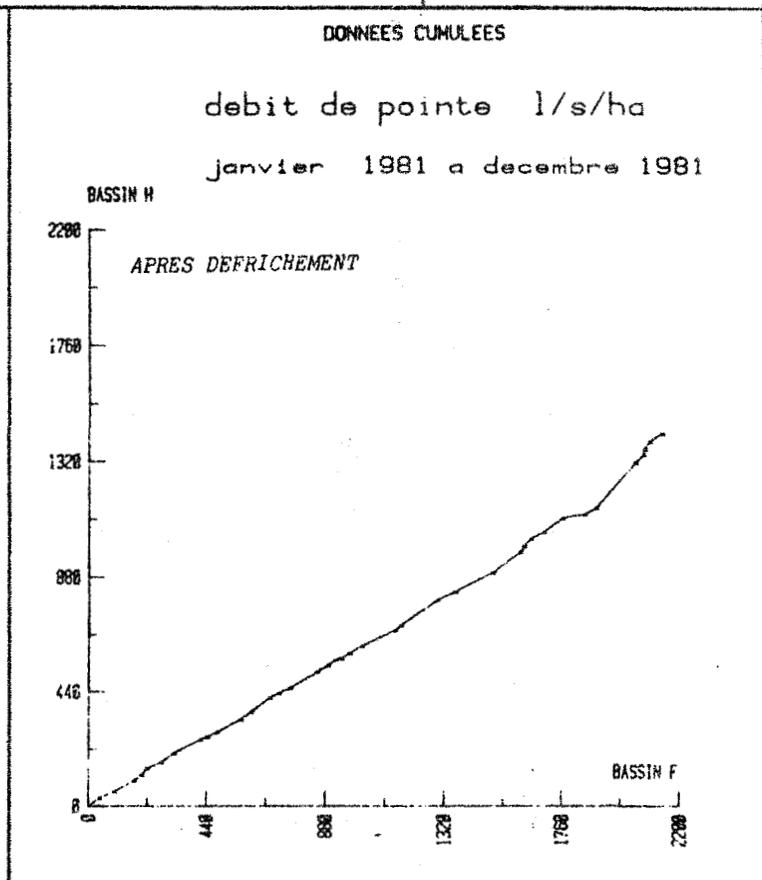
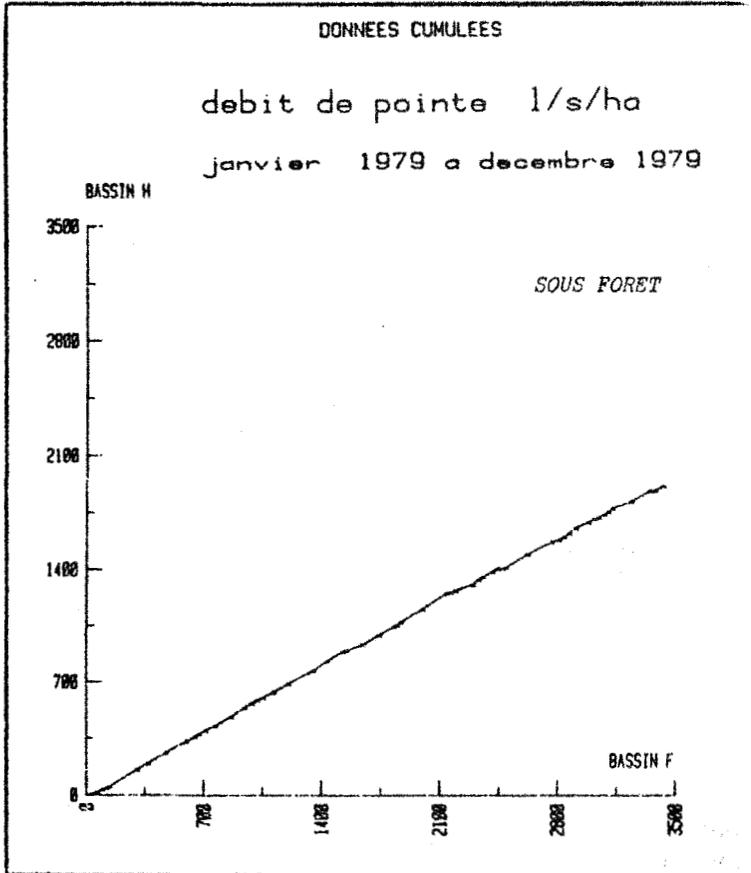


Fig. 18 : Evolution cumulée des débits de pointe  $> 30 \text{ l. s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  sur le bassin H et le témoin F, sous forêt primaire et après défrichement.

## 5 - CONCLUSIONS

L'expérimentation agro-forestière conduite sur les 4 bassins dont on vient de présenter les résultats concernait deux types de milieu très différents, en fonction de la dynamique hydrique des sols : un bassin à drainage vertical libre, ruisselant très peu sous forêt (4,4 %) et des bassins à drainage bloqué, sur lesquels les horizons de surface s'engorgent rapidement et sur lesquels le ruissellement représentait de 15 à 35 % de la pluviométrie annuelle sous forêt primaire, cette dispersion étant principalement liée à l'extension plus ou moins grande des zones hydromorphes de bas-fonds.

Après l'aménagement, les comportements hydrologiques de ces deux groupes continuent d'être très différents mais ces dérives ne sont pas parallèles et des changements de nature importante interviennent dans les écoulements des bassins perméables.

### 5.1. Les nouveaux régimes hydriques des sols à drainage bloqué :

- . La pente de la relation  $Q = f(P)$ , c'est-à-dire la quantité d'eau disponible pour l'écoulement superficiel à l'échelle de chaque averse n'augmente pas de façon significative avec le défrichement, surtout si l'on considère les averses abondantes (à 25 mm) pour lesquelles la part de l'interception est faible quel que soit l'humectation préalable de la canopée.
- . Une augmentation très nette du nombre des crues, dans un rapport de 1,5 à 2,5 permet cependant aux écoulements d'augmenter très sensiblement : de 1,7 à 1,8 pour l'écoulement annuel, de 1,5 à 1,9 pour le ruissellement des crues.
- . Ces bassins, une fois défrichés, écoulent davantage d'eau que la suppression de l'interception forestière n'en fournit. Au plan agronomique, on peut constater que les caractéristiques hydrodynamiques de ces sols, médiocres à l'origine, se détériorent significativement avec le défrichement.
- . L'effet du pâturage brouté, observé sur un seul bassin de ce groupe conduit à une réduction très légère de certains facteurs de croissance établis sur sol nu : le ruissellement, par exemple devient 1,64 fois celui de la forêt primaire, contre 1,89 après défrichement. Par contre, aucun effet réducteur n'est perceptible sur les débits de pointe et l'écoulement annuel est même légèrement plus élevé (1,94) que sur sol nu (1,77).

.../...

## 5.2. Les nouveaux régimes hydriques des sols à drainage libre :

- . Sur ce type de sol, le rendement hydrologique superficiel de chaque averse augmente très sensiblement avec le défrichement. La relation pluie de l'averse-ruissellement de la crue permet d'affirmer que l'espérance moyenne du ruissellement passe de 11 % sous forêt à 27 % sur sol défriché pour une averse de 25 mm.
- . Comme dans le cas des sols à drainage bloqué, le nombre des crues augmente très sensiblement dans un rapport 1,8, mais les autres paramètres hydrologiques accusent les hausses les plus importantes de tout le dispositif : 2,2 pour l'ensemble de l'écoulement en crue, 2,5 pour le ruissellement.
- . Néanmoins, les valeurs absolues de l'écoulement superficiel demeurent très modestes puisque le coefficient annuel d'écoulement des crues après défrichement, sur ce type de sol atteint à peine 22 %.
- . De surcroît, sur ces bassins, les quantités d'eau supplémentaires qui transitent sur le déversoir sont inférieures à l'excédent dégagé apr la suppression de l'interception forestière. C'est ainsi que durant la saison pluvieuse 1979, 80 % des 380 mm de pluie provenant de l'absence d'interception se sont écoulés, le reste a pu s'infiltrer ou constituer des réserves utilisables. Ce type de sol confirme et améliore même ses caractéristiques agronomiques favorables.
- . Les débits de pointe après défrichement augmentent beaucoup plus que sur sols imperméables dans un rapport 2,5, mais restent toutefois très inférieurs en valeurs spécifiques à ceux des autres bassins. Par exemple, le débit maximum instantané pendant la période d'observation sous forêt, égal à 75 l/s/ha aurait été de 188 l/s/ha sur sol nu alors que la crue maximale sur le bassin G est passée avec 250 l/s/ha, qui seraient devenus 420 l/s/ha si ce bassin avait été défriché à ce moment.
- . Les effets de l'aménagement testé (plants de pomelos et Bracharia USDA réduisent très faiblement le ruissellement annuel du sol nu, dans une proportion qui passe de 2,5 à 2,4. Les débits de pointe régressent dans les mêmes conditions de 2,5 à 1,6 fois de leur valeur sous forêt.

BASSIN A

		DONNEES RELATIVES				DONNEES ABSOLUES		
		FORET	DEFRICHE	PATURAGE		FORET	DEFRICHE	PATURAGE
		05/77-09/78	12/78-04/79	12/79-12/81		05/77-09/78	12/78-04/79	12/79-12/81
PLUIE TOTALE					mm	4898	2309	6367
ECOULEMENT TOTAL	A/B	0,99	1,82	1,71	mm	903	1092	1392
	A/A	1	1,84	1,73	%	18,4	47,3	21,9
					% sous forêt		(25,7)	(12,6)
ECOULEMENT DES CRUES	A/B	0,99	1,81	1,66	mm	860	1072	1270
	A/A	1	1,83	1,68	%	17,6	46,4	20,0
					% sous forêt		(25,4)	(11,9)
RUISSELLEMENT	A/B	0,99	1,87	1,63	mm	744	938	1089
	A/A	1	1,89	1,64	%	15,2	40,6	17,1
					% sous forêt		(21,5)	(10,4)
DUREE DU RUISSELLEMENT	A/B	0,78	1,37	1,29				
	A/A	1	1,76	1,65				
NOMBRE DE CRUES	A/B	0,62	1,51	1,37	A	113	119	262
	A/A	1	2,44	2,21	B	183	79	193
DEBIT DE POINTE	A/B	0,71	1,18	1,21				
	A/A	1	1,66	1,70				

BASSIN C

		DONNEES RELATIVES				DONNEES ABSOLUES		
		FORET	DEFRICHE	VERGER		FORET	DEFRICHE	VERGER
		06/77-09/78	12/78-05/79	12/79-12/81		06/77-09/78	12/78-05/79	12/79-12/81
PLUIE TOTALE					mm	4257	2475	6436
ECOULEMENT TOTAL	C/B	0,52	0,92	1,01	mm	353	614	887
	C/C	1	1,77	1,94	%	8,3	24,8	13,8
					% sous forêt		(14,0)	(7,1)
ECOULEMENT DES CRUES	C/B	0,39	0,84	0,86	mm	268	551	661
	C/C	1	2,16	2,21	%	6,3	22,3	10,3
					% sous forêt		(10,3)	(4,7)
RUISSELLEMENT	C/B	0,32	0,80	0,75	mm	186	445	502
	C/C	1	2,53	2,36	%	4,4	18,0	7,8
					% sous forêt		(7,1)	(3,3)
DUREE DU RUISSELLEMENT	C/B	0,87	1,37	1,41				
	C/C	1	1,58	1,75				
NOMBRE DE CRUES	C/B	0,82	1,49	1,72	C	130	164	328
	C/C	1	1,82	2,10	B	159	110	191
DEBIT DE POINTE	C/B	0,20	0,51	0,32				
	C/C	1	2,55	1,6				

Annexe 1 : Données hydrologiques absolues et relatives au bassin témoin sur les bassins expérimentaux A et C.

BASSIN G

		DONNEES RELATIVES			DONNEES ABSOLUES	
		FORET 09/78-07/80	DEFRICHE 12/80-12/81		FORET 09/78-07/80	DEFRICHE 12/80-12/81
PLUIE TOTALE				mm	7077	3173
ECOULEMENT TOTAL	G/F	0,92	1,53	mm	3042	1761
	G/G	1	1,66	% % sous forêt	43,0	55,5 (33,4)
ECOULEMENT DES CRUES	G/F	0,91	1,59	mm	2289	1446
	G/G	1	1,75	% % sous forêt	32,3	45,6 (27,5)
RUISSELLEMENT	G/F	0,90	1,56	mm	2370	1205,4
	G/G	1	1,73	% % sous forêt	33,5	38,0 (22,0)
DUREE DU RUISSELLEMENT						
NOMBRE DE CRUES	G/F	0,84	1,17	G	300	197
	G/G	1	1,40	F	359	168
DEBIT DE POINTE	G/F	0,67	0,97			
	G/G	1	1,45			

BASSIN H

		DONNEES RELATIVES			DONNEES ABSOLUES	
		FORET 09/78-07/80	DEFRICHE 12/80-12/81		FORET 09/78-07/80	DEFRICHE 12/80-12/81
PLUIE TOTALE				mm	7157	3408
ECOULEMENT TOTAL	H/F	1,15	1,73	mm	3633	2108
	H/H	1	1,50	% % sous forêt	50,8	61,9 (41,1)
ECOULEMENT DES CRUES	H/F	1,07	1,68	mm	2679	1513
	H/H	1	1,57	% % sous forêt	37,4	44,4 (28,3)
RUISSELLEMENT	H/F	1,04	1,57	mm	2223	1215
	H/H	1	1,51	% % sous forêt	31,1	35,7 (23,6)
DUREE DU RUISSELLEMENT						
NOMBRE DE CRUE	H/F	0,83	1,13	H	297	169
	H/H	1	1,36	F	359	168
DEBIT DE POINTE	H/F	0,57	0,59			
	H/H	1	1,04			

Annexe 2 : Données hydrologiques absolues et relatives au bassin témoin sur les bassins expérimentaux G et H.

LISTE DES FIGURES

- Fig. 1a et 2a : Relation pluie de l'averse-ruissellement de la crue sous forêt primaire et après défrichement sur les bassins A et C.
- Fig. 1b et 2b : Relation pluie de l'averse-ruissellement de la crue sous forêt primaire et après plantation d'un pâturage (BV A) et d'un verger sur pâturage (BV C).
- Fig. 3 et 4 : Relation pluie de l'averse-ruissellement de la crue sous forêt primaire et après défrichement des bassins versants G (Fig. 3) et H (Fig. 4).
- Fig. 4a et 5a : Relation ruissellement-écoulement de la crue sous forêt primaire et après défrichement sur les bassins A et C.
- Fig. 4b et 5b : Relation ruissellement-écoulement de la crue sous forêt primaire et après plantation du pâturage (BV A) et du verger sur pâturage (BV C).
- Fig. 6 et 7 : Relation ruissellement-écoulement de la crue sous forêt primaire et après défrichement des bassins versants G (Fig 6) et H (Fig. 7).
- Fig. 8 à 13 : Evolution cumulée des écoulements du bassin traité avec le bassin témoin.
- Fig. 8 : Ecoulement total A/B et C/B
- Fig. 9 : Ecoulement total G/F et H/F
- Fig. 10 : Ecoulement des crues A/B et C/B
- Fig. 11 : Ecoulement des crues G/F et H/F

- Fig. 12 : Ruissellement A/B et C/B
- Fig. 13 : Ruissellement G/F et H/F
- Fig. 14 : Evolution des écoulements des bassins A et C aux différentes phases de l'expérimentation.
- Fig. 15 à 18 : Evolution cumulée des débits de pointe  $>$  à  $30 \text{ l. s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  sur les bassins défrichés et le bassin témoin.
- Fig. 15 : Bassin A et B
- Fig. 16 : Bassin C et E
- Fig. 17 : Bassin G et F
- Fig. 18 : Bassin H et F

BIBLIOGRAPHIE CITEE

- ROCHE M.A., 1979 - Objectifs et méthodologie d'étude sur l'hydrologie et l'érosion des BU. ECEREX. Bulletin de liaison DGRST n° 1 - ORSTOM - CAYENNE
- BOULET R., 1979 - Méthode d'analyse et de représentation des couvertures pédologiques des BU. ECEREX. Bulletin de liaison DGRST n° 1 - ORSTOM - CAYENNE
- ROCHE M.A., 1982 - Comportements hydrologiques comparés et érosion de l'écosystème forestier à ECEREX en Guyane. Cahiers ORSTOM - Série Hydrologie. Vol XIX n° 2 - 1982  
ROCHE M.A., 1982.
- FRITSCH J.M., 1983 - Evolution des écoulements des transports solides à l'exutoire et de l'érosion sur les versants d'un petit bassin après défrichement mécanisé de la forêt tropicale humide - Hydrology of thumid Tropical Regions - AISH - HAMBOURG - Août 1983.

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'INTERCEPTION DES PRECIPITATIONS  
EN FORET TROPICALE HUMIDE DE GUYANE

-0-

M. DUCREY et D. FINKELSTEIN

Station de Recherches Forestières

Domaine Ducloux - F 97170 - PETIT BOURG

-(---|---|---|---)

1 - INTRODUCTION

La pluie qui tombe au dessus d'une forêt n'arrive pas au sol en totalité. Une fraction de cette pluie incidente est interceptée par le feuillage et directement évaporée sans atteindre le sol. Une autre fraction passe à travers le feuillage en le touchant ou non et arrive finalement au sol. Une troisième fraction arrive aussi au sol par écoulement le long des troncs soit que les gouttes de pluie frappent directement le tronc ou les branches, soit que l'eau interceptée par les feuilles chemine jusqu'au sol en suivant les rameaux, les branches puis le tronc.

Cet ensemble constitue le bilan des précipitations dont il est important de connaître les termes quand on veut aboutir au bilan hydrologique complet d'un écosystème forestier. C'est ainsi que ROCHE (1981) en réalisant le bilan hydrologique des bassins versants du projet ECEREX estime, en se référant à des mesures antérieures effectuées à Crique Grégoire, ces différents termes à 15 % pour l'interception, 85 % pour la pluie au sol et moins de 1 % pour l'écoulement le long des troncs.

Les études de bilan des précipitations sont assez nombreuses, beaucoup plus en climat tempéré qu'en zones intertropicales et donnent des résultats souvent différents. FOURNIER (1978) a donné une bonne synthèse des études réalisées en milieu tropical avant 1975.

C'est ainsi que HUTTEL (1962) trouve dans la forêt du Banco en Côte d'Ivoire, 88 % pour les pluies au sol, moins de 1 % pour l'écoulement le long des troncs et 12 % pour l'interception.

DABRAL et RAO (1968-1969) ont étudié des plantations de Tectona grandis et Shorea robusta à Dehra Dun en Inde. Ils trouvent respectivement 73,2 % et 54,6 % pour la pluie au sol ; 6 % et 7,2 % pour l'écoulement le long des troncs et 20,8 % et 38,2 % pour l'interception.

MALAISSSE (1973) trouve dans les forêts claires du Zaïre (appelées miombo) 78 à 80 % pour les pluies au sol ; 0,4 à 1,4 % pour l'écoulement le long des troncs et 18 à 20 % pour l'interception.

En forêt sempervirente de Pasoh en Malaisie, CHUNKAO (1974) trouve 91 % pour la pluie au sol ; 0,5 % pour l'écoulement le long des troncs et 8 % pour l'interception.

On peut aussi donner les valeurs trouvées par FREISE (1936) et citées par RICHARDS (1952) pour une forêt sempervirente du Brésil 33 % pour la pluie au sol ; 27,6 % pour l'écoulement le long des troncs et 38,4 % pour l'interception.

Ces chiffres sont assez différents mais on ne peut les comparer davantage sans tenir compte de la nature des peuplements étudiés et des méthodes qui ont été mises en œuvre pour mesurer ou évaluer ces différents paramètres.

Les chiffres que nous allons apporter au cours de cet exposé sont une nouvelle contribution à l'étude du bilan des précipitations des forêts tropicales humides.

## 2 - LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL

### 1) - Description du peuplement forestier

Les mesures d'interception de la pluie ont été effectuées sur le bassin F, plus précisément sur le versant gauche du Thalweg. Le peuplement forestier couvrant ce bassin est composé de 323 tiges de plus de 20 centimètres de diamètre et appartenant à 59 espèces, pour une superficie d'environ 1,36 hectare.

La zone expérimentale couvre une surface de 4000 m<sup>2</sup> sur laquelle on trouve 92 tiges appartenant à 24 espèces différentes.

L'inventaire de la zone expérimentale, extrait de l'inventaire effectué sur le bassin F en 1977 est donné dans le tableau 1.

La structure du peuplement pour l'ensemble du bassin F et pour la zone étudiée apparaît dans la figure 1.

### 2) - Le dispositif de mesure des précipitations

#### - Mesure des précipitations incidentes

Les données de pluviométrie ont été fournies par 2 pluviographes appartenant l'un AU C.T.F.T. l'autre à l'O.R.S.T.O.M. et situés tous deux à moins de 100 mètres du centre du dispositif.

- Mesure des précipitations au sol

L'eau arrivant au sol a été recueillie dans les pluviomètres standard (type Météorologie Nationale) de 400 cm<sup>2</sup> de surface réceptrice posés horizontalement à même le sol. Nous avons utilisé 21 pluviomètres. Dix sont restés à la même place pendant toute la durée de l'expérience, les 11 autres ont été déplacés 7 fois sur les mailles d'un quadrillage régulier de 10 mètres de côté. Ces pluviomètres ont fait l'objet de mesures journalières pendant toute la durée de l'expérience.

- Mesure de l'écoulement le long des troncs

L'eau qui s'écoule le long du tronc était recueillie par une gouttière en plastique souple, faisant le tour complet de l'arbre et se déversant dans un récipient de taille variable (de 5 à 100 litres) suivant le débit propre de chaque arbre. L'eau recueillie était mesurée tous les jours pendant la durée de l'expérience.

3 - PRECIPITATIONS AU SOL

Les pluies ont été étudiées pendant la période allant de janvier 1981 à octobre 1982 ce qui correspond à 446 journées de pluie. De plus, on a dénombré 135 journées de pluie où il n'y a eu qu'une seule averse et qui ont été de ce fait étudiées séparément.

1) - Etude des pluies individuelles

Si on définit une averse comme un événement continu, on ne trouve que très peu de journées où il n'y a qu'une seule averse. C'est pourquoi nous avons retenu 3 types d'averses :

- . Les averses interrompues pendant moins d'une demi heure,
- . Les averses interrompues entre une demi heure et 1 heure au plus,
- . Les averses interrompues entre 1 heure et 2 heures.

Ces averses ont été en outre caractérisées par leur durée, par l'intensité maximum de la pluie observée sur une période d'une demi heure et l'intensité moyenne de la pluie pendant toute la durée de l'averse, ainsi que bien entendu par la quantité d'eau tombée pendant cette averse.

La figure 2 montre, pour la moyenne des 10 pluviomètres fixes, la relation qui existe entre la pluie au sol  $P_s$  et la pluie incidente  $P_i$  et qui s'exprime statistiquement par la droite de régression :

$$P_s = 0,90945 P_i - 0,16239$$

avec un coefficient de corrélation  $R^2 = 0,9933$ .

Le fait de tenir compte des 3 paramètres définis précédemment (IM : intensité maximum; Im : Intensité moyenne et D : durée) ne permet pas de mieux expliquer les précipitations au sol; On a alors :

$$Ps = 0,029452 IM - 0,025647 Im - 0,10136 D + 0,90990 Pi - 0,15242$$

avec un coefficient de corrélation multiple  $R^2 = 0,9935$  pratiquement identique au précédent. Par ailleurs, les coefficients affectés à chacune des 3 variables supplémentaires ne sont pas significatifs au seuil de 5 %.

Il est probable que ces variables qui permettent de décrire la nature d'une pluie n'ont pas une action directe sur la manière dont la pluie est captée par le feuillage. La prise en compte de paramètres externes, tels la vitesse du vent aurait sans doute permis de mieux expliquer la variabilité des précipitations au sol en fonction de la pluie incidente.

Le fait d'être plus ou moins strict dans la définition d'une averse ne permet pas d'améliorer la compréhension du phénomène.

## 2) - Variabilité dans le temps des précipitations au sol

L'étude des 10 pluviomètres fixes tout au long des 446 journées de pluies réparties entre janvier 1981 et octobre 1982 permet de suivre l'évolution des précipitations arrivant au sol.

La figure 3 donne l'évolution décadaire des pluies au sol par comparaison avec la pluie incidente. La variabilité au niveau décadaire est assez grande surtout quand la quantité de pluie tombée pendant la décade est faible mais on constate cependant que jusqu'en juillet 1981, la quantité arrivant au sol est plus importante que par la suite.

La confirmation de ce fait est donnée par l'étude des valeurs mensuelles qui éliminent une partie de la variabilité. La figure 4 montre que pour la moyenne des 10 pluviomètres fixes, la fraction des précipitations arrivant au sol est supérieure à 90 % jusqu'en juillet 1981, puis reste comprise entre 80 et 90 %. Une explication est donnée par l'examen de chaque pluviomètre (figure 4).

Cette figure montre que la variabilité est très grande tant au niveau du temps que celui des pluviomètres. C'est ainsi que l'eau recueillie dans les pluviomètres peut varier entre 20 et 190 % de la pluie incidente. Si on laisse de côté la variabilité très grande en août et septembre à cause de la faible quantité de pluie incidente, on constate que certains pluviomètres ont une réponse à peu près identique pendant toute la durée de l'expérience (pluviomètres 2, 4, 5, 6, 7 et 9). Les autres ont une réponse qui évolue au cours du temps. C'est ainsi qu'en 2 mois, le pluviomètre 10 passe de 150 % à 50 % de la pluie incidente et que petit à petit il remonte vers 100 %. On peut expliquer ceci par les "mouvements" de la végétation dans le sous-bois : croissance des arbustes, des lianes, mais surtout des différents palmiers... et aussi par quelque intervention humaine intempestive dans le sous-bois.

On peut donc expliquer la diminution des précipitations au sol à partir de juillet 1981 par la diminution de l'eau recueillie dans les pluviomètres 1 et 10. Par contre, on ne peut observer aucune variation cyclique qui pourrait être imputable au régime des précipitations. Il n'y a en particulier pas de différences perceptibles entre la saison sèche et la saison des pluies.

### 3) - Variabilité dans l'espace des précipitations au sol

Comme nous venons de le voir la variabilité dans l'espace est déjà grande pour les 10 pluviomètres fixes. Notre dispositif possédant en plus des pluviomètres mobiles permet d'avoir une meilleure idée de cette variabilité dans l'espace. Le tableau 2 donne pour les 7 périodes considérées l'emplacement des 11 pluviomètres mobiles et pour l'ensemble des 21 pluviomètres, le pourcentage de précipitations recueillies par rapport à la pluie incidente tombée pendant la même période. La variabilité des précipitations au sol est très grande en fonction de la période de temps considérée, nous l'avons déjà vu pour les pluviomètres fixes et en fonction de l'emplacement et les pluviomètres reçoivent en moyenne sur des périodes de temps allant de 2 à 6 mois des quantités de pluie variant de 10 % à 160 % de la pluie incidente.

### 4) - Estimation du pourcentage moyen de précipitations au sol

Si on analyse globalement les résultats sans tenir compte du fait que certains pluviomètres étaient fixes et d'autres mobiles on peut dire que sur les 5486 mm de pluie tombés pendant les 22 mois de l'expérience, on a récupéré en moyenne dans chacun des 21 pluviomètres placés sous la forêt, 5152 mm de pluie soit 93,9 % de la pluie incidente. Cette évaluation est bien évidemment faussée par le fait que certains emplacements sont suréchantillonnés par rapport à d'autres.

Comme nous avons montré précédemment qu'il n'y avait pas de variations saisonnières du pourcentage de précipitations recueillies au sol on peut estimer que chacun des 21 pluviomètres, pendant chacune des 7 périodes de mesures constitue une estimation de ce pourcentage ; nous avons donc au total 147 estimations du pourcentage de précipitations au sol. L'histogramme de la figure 5, tiré du tableau 2 permet une meilleure vision de cette répartition des précipitations au sol. La moyenne arithmétique de ces 147 valeurs nous donne donc pour le peuplement étudié, un pourcentage de précipitations au sol égal à 92,8 % de la pluie incidente.

## 4 - ÉCOULEMENT LE LONG DES TRONCS

L'écoulement le long des troncs a été mesuré journalièrement sur 15 arbres depuis juillet 1981 jusqu'à octobre 1982. Les arbres ont été choisis dans chaque classe de diamètre, le plus petit mesurait 13 centimètres et le plus grand 56 centimètres de diamètre. On a dû éliminer les arbres à contreforts pour lesquels il n'était pas possible d'installer correctement les gouttières.

Pendant cette période, le nombre de jours de pluie ayant donné lieu à un écoulement pour au moins un des arbres a été de 207. Pendant la même période on a dénombré 62 journées de pluie où il n'y a eu qu'une seule averse et qui ont été de ce fait étudiées séparément.

### 1) - Etude des pluies individuelles

Comme pour l'étude des précipitations au sol, nous avons caractérisé les averses par leur durée, par l'intensité maximum de la pluie observée sur une période d'une demi-heure, par l'intensité moyenne de la pluie pendant toute la durée de l'averse ainsi que bien entendu par la quantité d'eau tombée pendant l'averse.

Le tableau 3 ainsi que la figure 6 montrent le résultat de l'analyse de régressions multiples entre l'écoulement de chaque arbre et les 4 variables explicatives. C'est dans tous les cas la pluie incidente qui a le plus d'importance. En deuxième position viennent le plus souvent la durée de la pluie avec des coefficients presque toujours significatifs et positifs et l'intensité maximum avec des coefficients tantôt positifs tantôt négatifs.

C'est là une différence avec les précipitations au sol pour lesquelles seule la pluie incidente a un rôle significatif.

On peut conclure de ceci que, à quantité de pluie égale, l'écoulement le long des troncs est augmenté pour des pluies de longue durée.

### 2) - Etude des écoulements journaliers

La relation entre la pluie incidente et l'écoulement moyen des 15 arbres pour chacun des 207 jours de pluie et ainsi que le montre la figure 7 est donnée par la droite de régression :

$$. \text{ Ecoulement moyen} = 0,206 \text{ Pi} - 1,41 \quad (R^2 = 0,887).$$

Si on analyse ces résultats mois par mois en calculant le pourcentage d'écoulement par rapport à la pluie incidente (en litres par mètre de pluie incidente), on trouve une relation linéaire entre le pourcentage d'écoulement et la quantité de pluie tombée pendant la même période.

On trouve encore une meilleure relation si on relie le pourcentage d'écoulement à la quantité moyenne des précipitations pour une journée de pluie (figure 8).

$$. \text{ Pourcentage d'écoulement} = 7,9056 \text{ Pluie moyenne} - 26 \text{ 2026} \\ (R^2 = 0,8923).$$

En résumé, ceci signifie que le pourcentage d'écoulement augmente avec la quantité de pluie incidente donc que l'écoulement moyen est une fonction croissante du carré de la pluie incidente.

Nous avons ensuite analysé les résultats au niveau de chaque arbre (voir tableau 4).

La première constatation est qu'il n'y a aucune liaison entre l'écoulement moyen d'un arbre et le diamètre de cet arbre (coefficient de corrélation  $R^2 = 0,0033$ ). Nous avons aussi essayé de caractériser la forme du houppier et la nature des écorces mais rien ne permet d'expliquer pourquoi un arbre a un écoulement supérieur à un autre. Ceci est somme toute logique car même pour des peuplements forestiers monospécifiques il est difficile d'obtenir de telles relations.

Nous avons aussi noté les limites de pluie incidente pour lesquelles apparaît un écoulement égal ou supérieur à 0,05 litre par arbre. Pour la moyenne des arbres cet écoulement apparaît entre 6 et 8 mm de pluie incidente. Au niveau individuel ces limites sont beaucoup plus variables et doivent dépendre du type de précipitation.

### 3) - Estimation de l'écoulement moyen

Le tableau 4 montre aussi que pour chacune des 207 journées de pluie, l'écoulement moyen d'un arbre est de 1,98 litre alors que la pluie de chaque journée est en moyenne de 16,2 mm.

Comme le diamètre des arbres n'a pas d'influence sur l'écoulement, on peut estimer que chaque arbre appartenant aux classes de diamètre 10 et plus a un écoulement de 1,98 litre.

L'inventaire de la figure 1 n'indique pas les arbres de la classe 10. Mais si on admet que la structure du peuplement suit les lois de la futaie jardinée on peut admettre qu'il y a une centaine d'arbres appartenant à cette classe soit un total de 190 arbres pour une superficie de 4000 m<sup>2</sup>.

Il en résulte un écoulement moyen pour l'ensemble de l'expérimentation égal à 0,6 % de la pluie incidente.

## 5 - PLUIE INTERCEPTÉE PAR LE FEUILLAGE

Il est en général facile d'estimer la pluie interceptée par le feuillage puisqu'on la calcule par différence entre la pluie incidente et la pluie arrivant au sol soit directement soit par écoulement le long des troncs. Mais c'est en réalité un phénomène assez complexe.

Si on considère une pluie continue, les premières gouttes commencent à mouiller le feuillage, mais il se produit en même temps une évaporation. Quand l'ensemble du feuillage est mouillé, la capacité de stockage du feuillage étant atteinte, l'évaporation continue mais pas forcément avec la même intensité. De plus la capacité de stockage, compromis entre la tension superficielle de l'eau sur les feuilles et la pesanteur, est fortement liée à la vitesse du vent. Il ne faut pas oublier non plus le stockage et l'évaporation qui se produisent au niveau de l'écorce des branches et du tronc. Enfin, dans le cas des pluies discontinues, ce cycle se répète autant de fois qu'il y a d'interruptions et de manière plus ou moins complète suivant la durée de l'interruption.

C'est pourquoi, pour des quantités de pluies identiques, la quantité d'eau interceptée peut être très différente. C'est ce que montre la figure 9 dans laquelle nous avons reporté la pluie interceptée en fonction de la quantité de pluie tombée pendant toute la journée ; l'interception étant calculée à partir des 10 pluviomètres fixes. On note bien entendu au niveau des pluies journalières des interceptions négatives traduisant la grande variabilité des pluies recueillies au sol comme nous l'avons vu précédemment.

Pour l'ensemble de la durée de l'expérience, le pourcentage des précipitations interceptées par le feuillage s'élève par différence à 6,6 % de la pluie incidente.

## 6 - CONCLUSION

Le bilan des précipitations arrivant au-dessus de la forêt s'établit de la manière suivante :

- . Pluie atteignant le sol après avoir traversé le feuillage : 92,8 % ;
- . Ecoulement le long des troncs : 0,6 % ;
- . Interception par le feuillage : 6,6 %.

Ces résultats paraissent cohérents avec ceux trouvés par d'autres auteurs pour des forêts de même type.

Mais ce que l'on constate c'est surtout la grande variabilité des données. L'écoulement le long des troncs peut varier de 1 à 10 sans que la grosseur de l'arbre ne puisse en être la cause. Il y a sûrement des explications qu'il faudrait rechercher dans le type architectural des différentes espèces, ou de manière plus précise encore dans la forme des houppiers et l'angle d'inclinaison des principales ramifications. L'écoulement le long des troncs est aussi variable d'une averse à l'autre et seule la durée de l'averse semble avoir un effet positif sur la quantité d'eau écoulée.

L'étude des précipitations au sol a montré aussi une grande variabilité dans le temps et dans l'espace. Ces variations peuvent s'expliquer par l'abondance et la mouvance du sous-bois qui contribuent à accentuer l'hétérogénéité de la répartition des précipitations, hétérogénéité déjà créée par le passage à travers les houppiers. On retrouve enfin cette variabilité individuelle d'une pluie ou d'un jour de pluie à l'autre, ce qui permet de mesurer temporairement des interceptions négatives. Ceci est d'autant plus visible que le pourcentage d'eau stockée et plus généralement interceptée par le feuillage est faible.

Les critères définissant le type de pluie n'ont pas permis d'expliquer cette variabilité et dans l'hypothèse où on cherche à modéliser ce phénomène il faudrait rechercher de nouveaux paramètres explicatifs. Dans ces conditions, la modélisation de l'interception de la pluie par la forêt tropicale humide posera beaucoup de problèmes alors que dans les forêts tempérées, avec des structures simples et des pluies beaucoup plus modérées, on obtient des résultats satisfaisants.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

DABRAL B.G., B.K. SUBBA RAO, 1968 - Interception studies in chir and teak plantations. New Forest - Indian Forester. 94, 541-551.

DABRAL B.G., B.K. SUBBA RAO, 1969 - Interception studies in sal and khair plantations. New Forest - Indian Forester. 95, 314-323.

FOURNIER F., 1978 -Water balance and soils. In : Tropical Forest ecosystems. UNESCO/UNEP/FAO. Paris. pp. 256-269.

RICHARDS P.W., 1952 - The tropical Rain Forest. Cambridge University Press. London. 450 p.

ROCHE M.A., 1981 - Comportements hydrologiques comparés et érosion de l'écosystème forestier tropical humide à ECEREX en Guyane. Mémoire O.R.S.T.O.M. 56 pages.

Tableau 1.. Répartition des arbres par espèce et par classe de diamètre dans le dispositif expérimental (surface de 4 000 m<sup>2</sup>)  
(d'après inventaire C.T.F.T. de 1977).

code	Nom vernaculaire ou commercial	Nom scientifique	Classes de diamètre (*)								
			2	3	4	5	6	7	8	TOTAL	
17	Maho noir	Eschweille ra odora	4	3							7
20	Wapa	Eperua falcata	10	4	3	1	1	1			20
24	Balata franc	Manilkara bidentata								1	1
28	Wacapou	Vouacapoua americana				1					1
32	Diaguidia	Sclerolobium melimonii	1								1
34	Dodomissinga	Parkia nitida	1		1						2
45	Carapa	Carapa guianensis	1	2							3
49	Gaulette	Licania sp.	6	9	2						17
59	Maho rouge	Eschweillera amara	16	3	1						20
64	Manil	Symphonia globulifera	1			1					2
67	Moutouchi	Swartzia benthamicana			1						1
76	Pepeboiti	Podoluma benaï	1								1
85	Spiki oudou	Mouripia acutiflora	1								1
92	Tossopassa	Iryanthera saponifera	1								1
101	Adougoue	Vantanea parvifolia				1					1
102	Roco	Swartzia						1			1
115	Balata blanc	Micropholis guianensis		2	1			1			4
119	Kofompeto	Paypayrola guianensis	1								1
151	Kodia oueko	Inga rubiginosa	1								1
184	Satiné rabané	Brosimum parvifolium	1								1
185	Pediekou	Xylopia nitida	1								1
194	Taapoutiki	Dendrobanxia boliviana	1								1
201	Toupikioueko	indeterminé			1						1
243	Matsawaiguedou	sclerolobium sp.		1		1					2
Total			48	24	10	5	3	1	1		92

(\*) La classe 2 comprend les arbres de 20 à 29 cm, la classe 3 les arbres de 30 à 39 cm... etc.

Tableau 2.. Pourcentage de pluie au sol en fonction du temps et de l'emplacement des 21 pluviomètres.

Em- pla- ce ment	22.1.81 au 18.4.81	18.4.81 au 07.6.81	08.06.81 au 25.10.81	26.10.81 au 05.09.81	06.05.82 au 08.07.82	09.07.82 au 07.09.82	08.09.82 au 31.10.82	22.01.82 au 31.10.82
1	1.24	1.46	1.59	0.92	0.86	0.75	0.66	1.11
2	1.27	1.30	1.29	1.27	1.37	1.35	1.18	1.29
3	0.67	0.50	0.55	0.33	0.31	0.36	0.24	0.43
4	0.69	0.68	0.78	0.72	0.74	0.76	0.81	0.72
5	1.36	1.43	1.31	1.55	1.58	1.49	1.37	1.47
6	0.88	0.89	0.87	0.89	0.94	0.88	0.83	0.89
7	0.89	0.92	0.90	0.86	0.94	0.90	0.78	0.89
8	0.22	0.27	0.27	0.28	0.31	0.50	0.67	0.29
9	0.96	0.89	0.94	0.96	0.99	0.98	1.01	0.95
10	1.43	1.50	0.70	0.75	0.70	0.86	0.97	0.91
11	0.68							
12	1.03							
13	1.52							
14	0.96							
15	0.77							
16	0.96							
17	0.86							
18	0.89							
19	0.79							
20	0.81							
21	0.86							
1-1		1.08		1.27			0.94	
1-2		0.92		1.00			0.69	
1-3		1.30		1.37			1.27	
1-4		0.85		1.01			0.58	
1-5		1.04		1.08			0.53	
1-6		1.01			1.19		1.05	
2-1		1.25			0.11		0.16	
2-2		0.91			0.78		0.69	
2-3		1.14			1.34		1.21	
2-4		0.80			0.87		0.73	
2-5		1.52			0.98			
2-6			1.07		0.84			
3-1			0.95		0.94			
3-2			0.85		0.68			
3-3			1.05		1.06			
3-4			1.17		1.03			
3-5			0.82			0.98		
3-6			1.01			0.89		
4-1			1.04			1.11		
4-2			1.00			0.98		
4-3			0.91			0.88		
4-4			0.60			0.60		
4-5				0.88		0.78		
4-6				0.94		0.54		
5-3				0.94		0.81		
5-4				0.95		1.09		
5-5				1.21		1.05		
5-6				0.86			1.03	
M.F	0.96	0.98	0.92	0.85	0.88	0.88	0.85	0.89
M.M	0.92	1.07	0.95	1.05	0.88	0.89	0.90	
M.T	0.94	1.03	0.94	0.96	0.88	0.89	0.87	

M.F = Moyenne fixe - M.M = Moyenne mobile - M.T = Moyenne Totale

Tableau 3.. Régressions linéaires entre l'écoulement de chaque arbre et différents paramètres explicatifs pour 62 averses prises entre juillet 1981 et octobre 1982.

Equation avec 1ere variable explicative	Coéf. de corrélation	2ème Variable explicative	degré de signification
ARB 1 = 0,226 Pluie - 1,262	$R^2 = 0,872$ 0,850 0,884 0,944 0,941 0,820 0,891 0,804 0,757 0,889 0,798 0,873 0,863 0,915 0,744 0,926	I max	1%
ARB 2 = 0,178 Pluie - 1,493		I moy	N.S.
ARB 3 = 0,194 Pluie - 1,520		durée	1%
ARB 4 = 0,281 Pluie - 1,652		durée	1%
ARB 5 = 0,204 Pluie - 1,301		I max (-)	1%
ARB 6 = 0,084 Pluie - 0,273		I max	1%
ARB 7 = 0,079 Pluie - 0,373		I moy	1%
ARB 8 = 0,159 Pluie - 1,16		I moy	N.S.
ARB 9 = 0,093 Pluie - 0,573		durée	1%
ARB 10 = 0,690 Pluie - 4,97		durée	1%
ARB 11 = 0,182 Pluie - 1,20		durée	N.S.
ARB 12 = 0,192 Pluie - 1,73		I max (-)	1%
ARB 13 = 0,487 Pluie - 3,59		durée	5%
ARB 14 = 0,193 Pluie - 1,54		I max (-)	1%
ARB 15 = 0,027 Pluie - 0,133		I max	1%
ARB MOYEN = 0,218 Pluie - 1,52	durée	5%	

Tableau 4.. Récapitulatif des écoulements moyens le long des troncs en fonction des caractéristiques des arbres.

Numéro des Arbres	Nom Vernaculaire	Caractères de l'écorce	Diamètre des arbres en cm.	Écoulement moyen par jour de pluie (litres)	Écoulement maximum observé	Limites d'apparition d'écoulement (> 0,051) mm de pluie
ARB 1	Manil	lisse	26	2,15	27,0	4,0 - 9,5
ARB 2	Maho	léger <sup>t</sup> rugueuse	31	1,36	22,0	9,0 - 12,0
ARB 3	Wapa	rugueuse	48	1,49	20,8	4,5 - 9,5
ARB 4	Maho	lisse	21	3,01	35,4	2,0 - 12,0
ARB 5	?	rugueuse	45	1,87	26,6	3,0 - 5,5
ARB 6	Wapa	très léger <sup>t</sup> rug	13	0,918	11,6	4,5 - 13,0
ARB 7	Gaulette	léger <sup>t</sup> rugueuse	33	0,749	9,18	3,5 - 10,0
ARB 8	Wapa	rugueuse	56	1,25	19,5	4,5 - 8,0
ARB 9	Gaulette	lisse	30	0,733	12,7	7,0 - 13,0
ARB 10	Maho	rugueuse en plaques	26	6,96	76,3	2,0 - 11,0
ARB 11	Maho	moyen <sup>t</sup> rugueuse en plaques	38	1,39	22,7	4,5 - 10,0
ARB 12	Maho	rugueuse	23	1,43	27,8	4,5 - 16,5
ARB 13	Dodomissinga	rugueuse	44	4,51	67,5	1,5 - 12,0
ARB 14	Wapa	rugueuse	18	1,73	24,8	3,0 - 15,5
ARB 15	?	rugueuse	15	0,249	4,02	9,5 - 17,0
ARB MOYEN				1,98	25,1	6,0 - 8,0

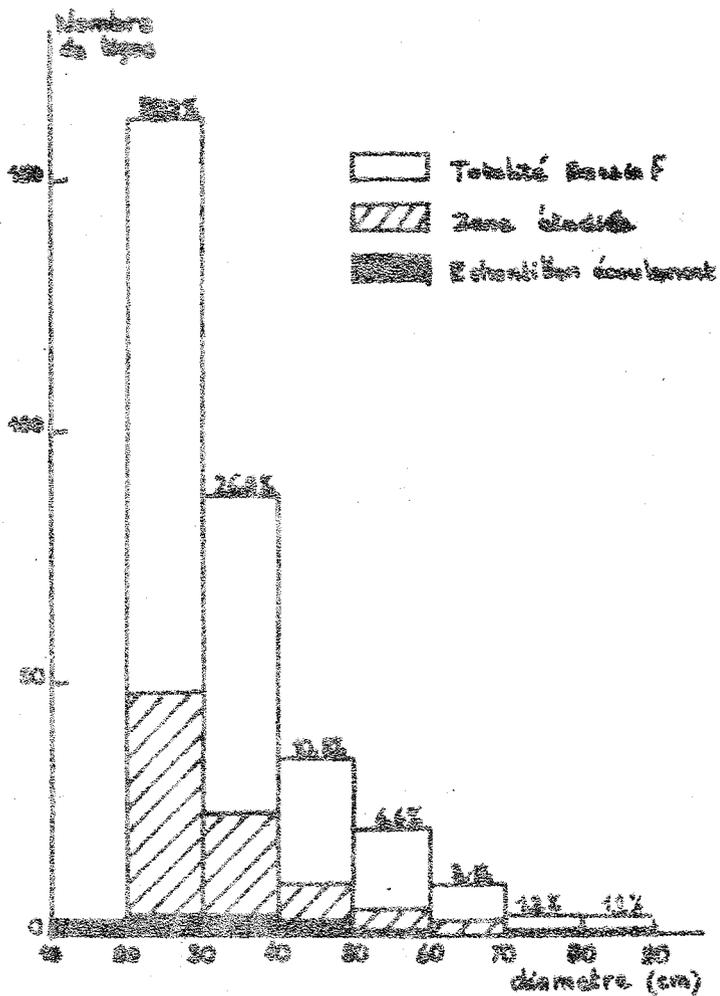


Figure 1. Structure de la forêt naturelle dans le bassin F : répartition du nombre de tiges par classe de diamètre.

PROGRAMME STAT3 - GRAPHIQUES DE DEUX VARIABLES

FICHER ETUDIE : PSOLP TITRE :  
 INTERCEPTION DES PLUIES INDIVIDUELLES - GUYANE BASSIN F- NOUVEAU FICHER

NUAGE TOTAL  
 LE NOMBRE DE POINTS EST 135

ABSCISSE PLUIJOUR MIN 0.000E+00 MAX 1.200E+02  
 ORDONNEE NOYFIX MIN 0.000E+00 MAX 1.200E+02

NOMBRE DE POINTS HORS CADRE : 0

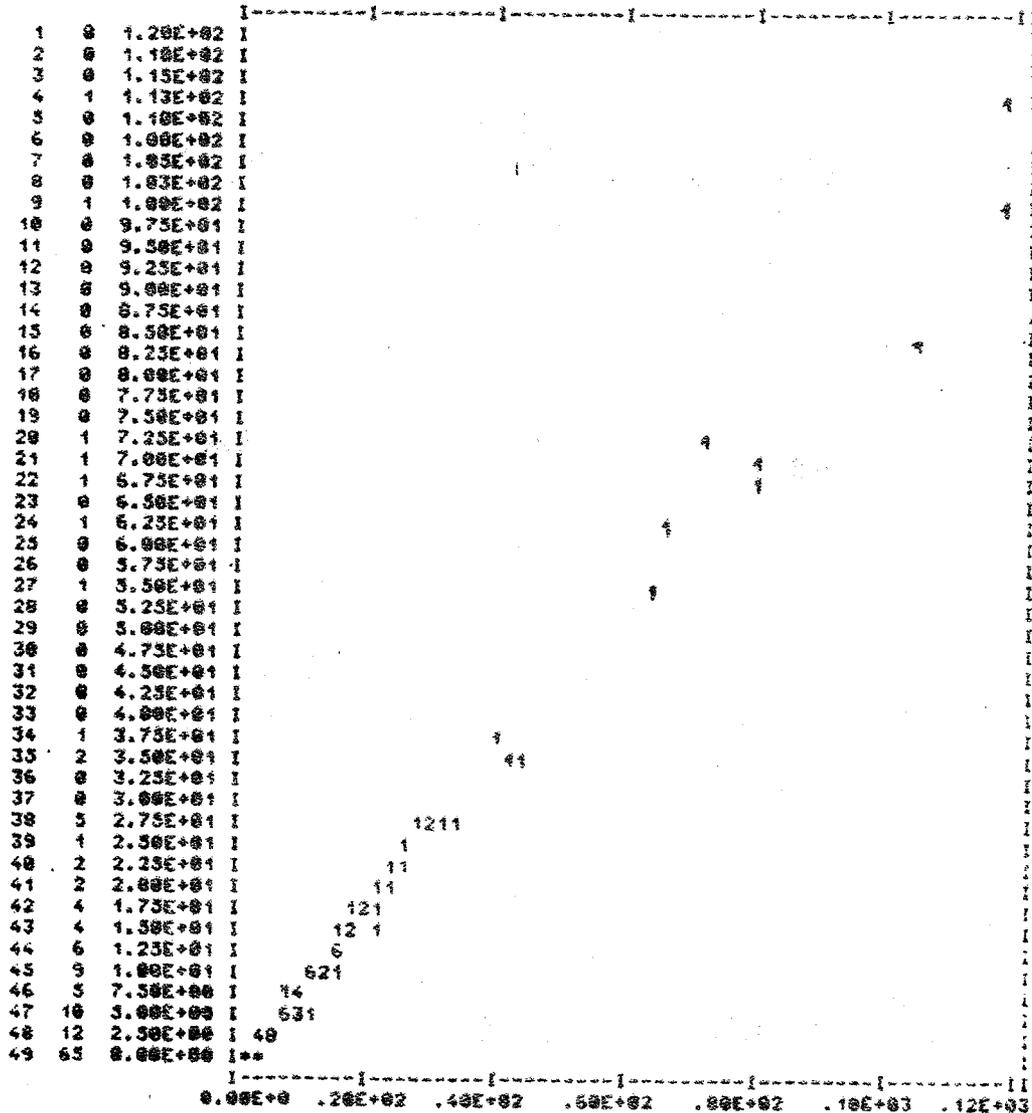


Figure 2.. Relation entre la pluie incidente et les précipitations au sol (moyenne des 10 pluviomètres fixes) pour 135 pluies individuelles.

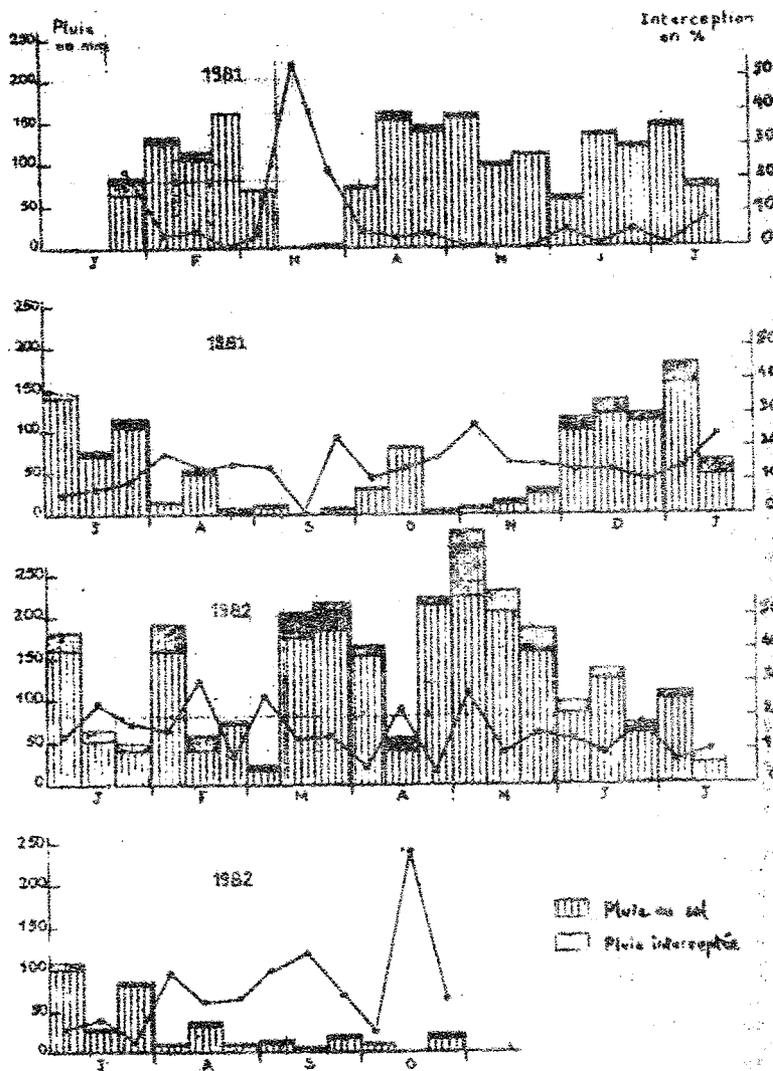


Figure 3.. Evolution décadaire des précipitations au sol, de la pluie incidente et du pourcentage d'interception pour les 10 pluviomètres fixes.

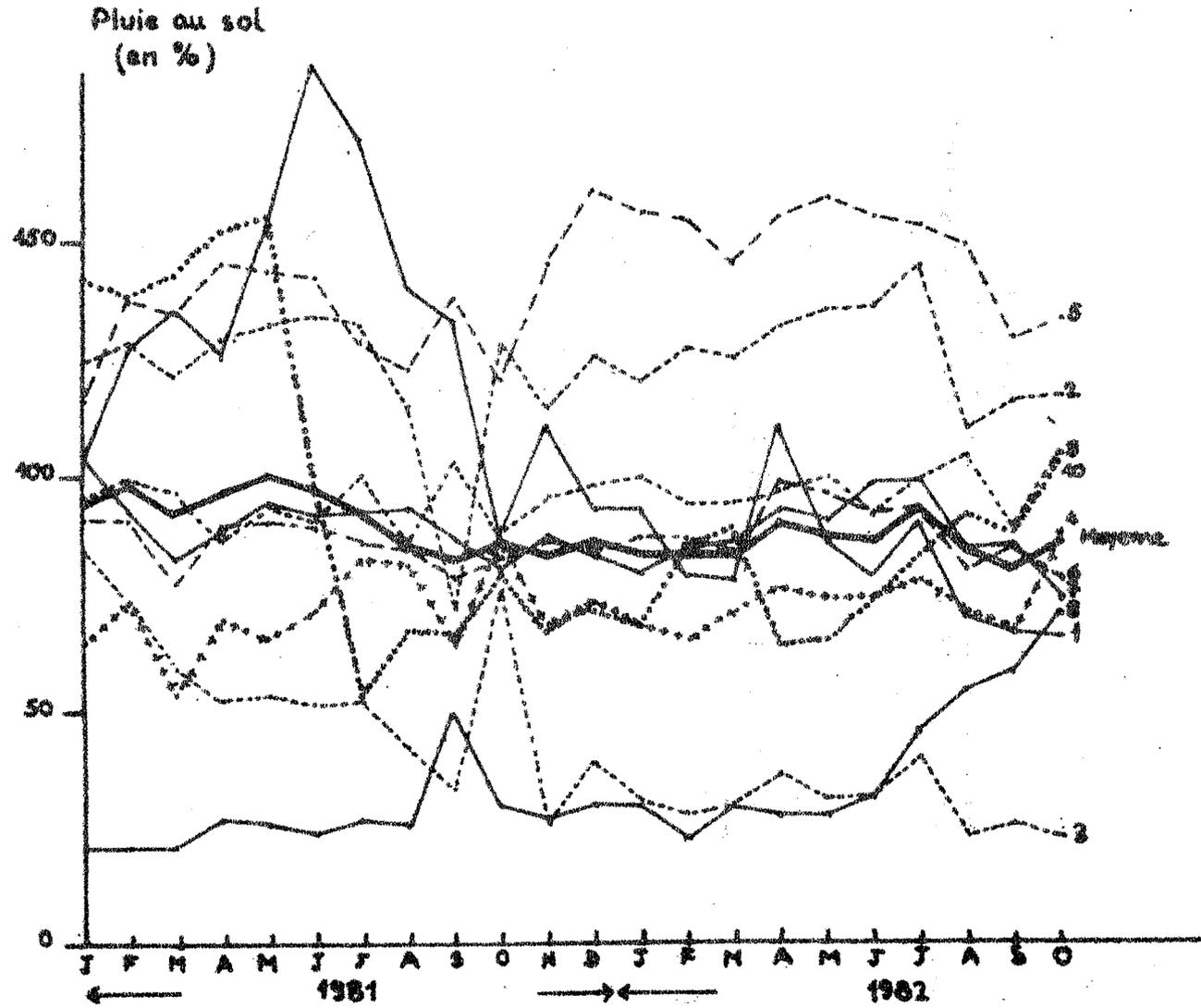


Figure 4.. Evolution mensuelle du pourcentage de précipitations au sol pour chacun des 10 pluviomètres fixes.

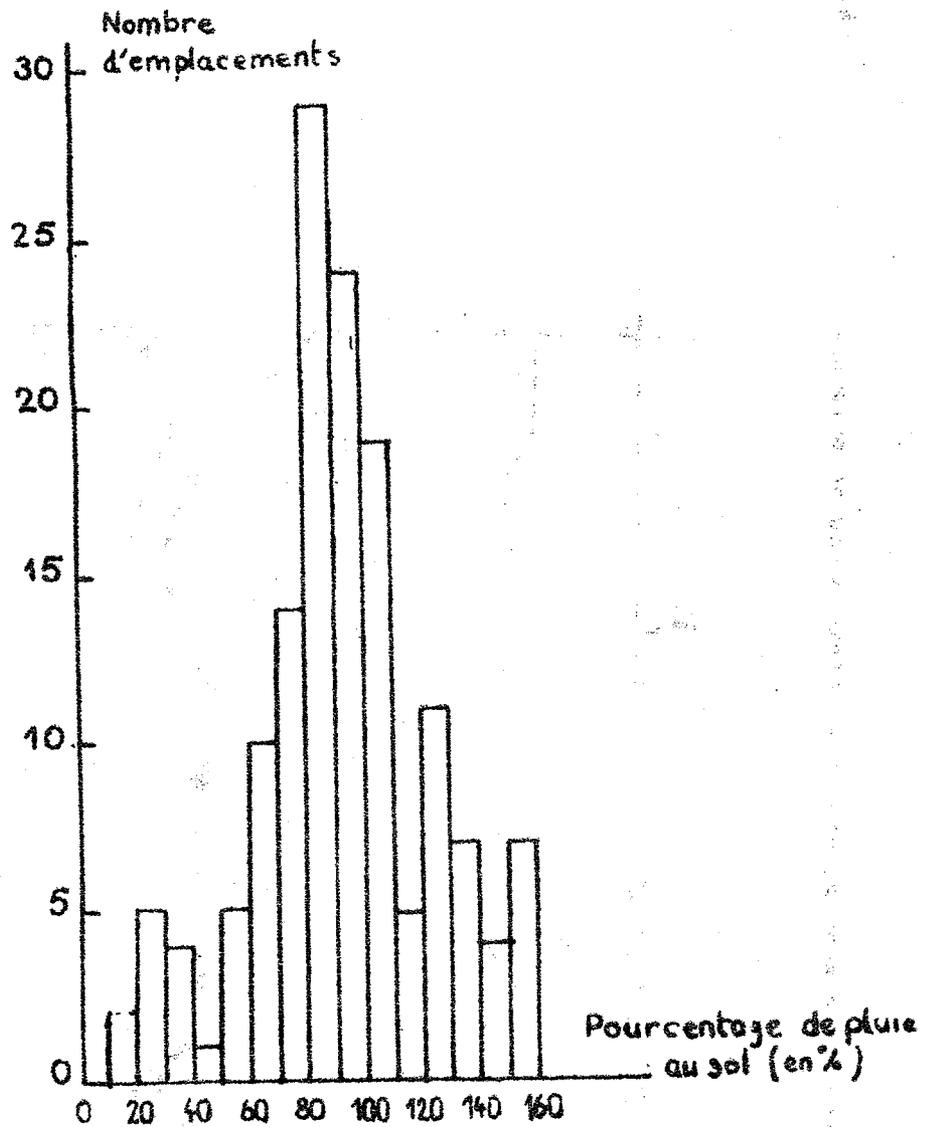


Figure 5.. Histogramme de répartition de la pluie au sol (en % de la pluie incidente) pour les 147 emplacements de pluviomètres (surface réceptrice de 400 cm<sup>2</sup>)

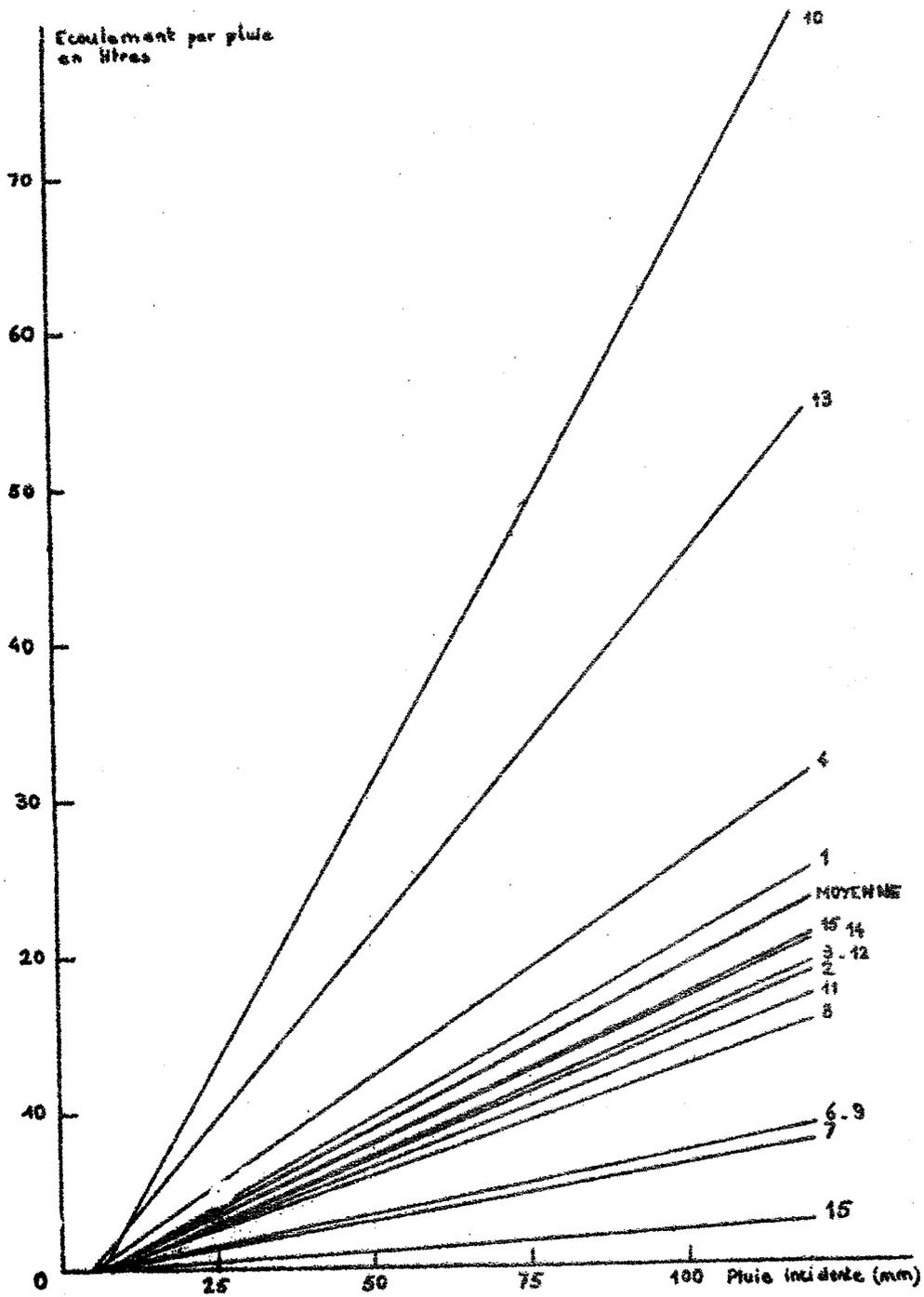


Figure 6.. Droites de régression entre la pluie incidente et l'écoulement le long des troncs pour chacun des 15 arbres étudiés.

PROGRAMME STAT3 GRAPHIQUES DE DEUX VARIABLES  
 FICHER ETUDIE : ECOULJ TITRE :  
 GUYANE-BASSIN F--ECOULEMENTS LE LONG DES TRONCS-VALEURS JOURNALIERES  
 NUAGE TOTAL  
 LE NOMBRE DE POINTS EST 207

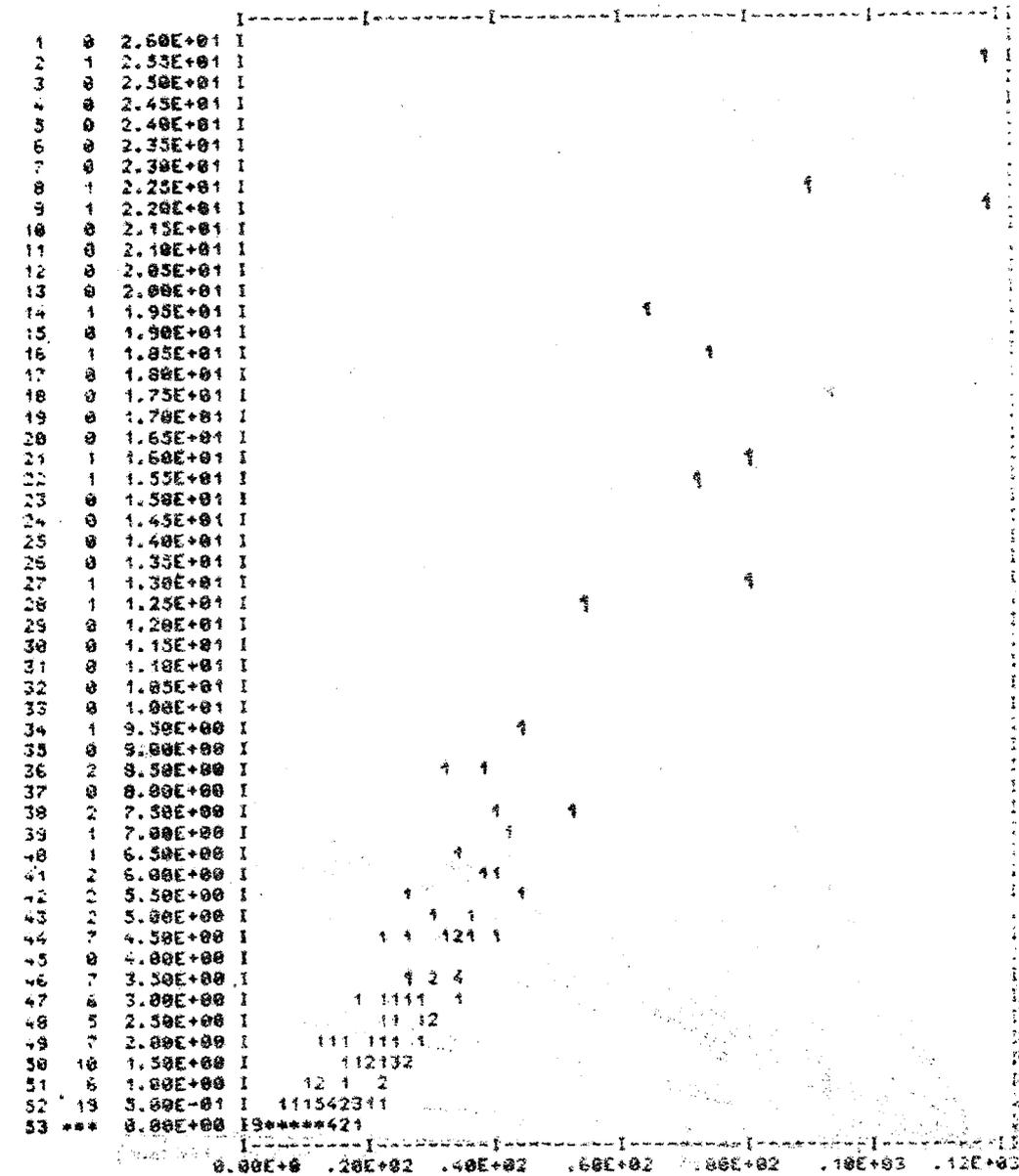


Figure 7: Relation entre la pluie incidente et l'écoulement le long des troncs (moyenne des 15 arbres) pour les 207 journées de pluie.

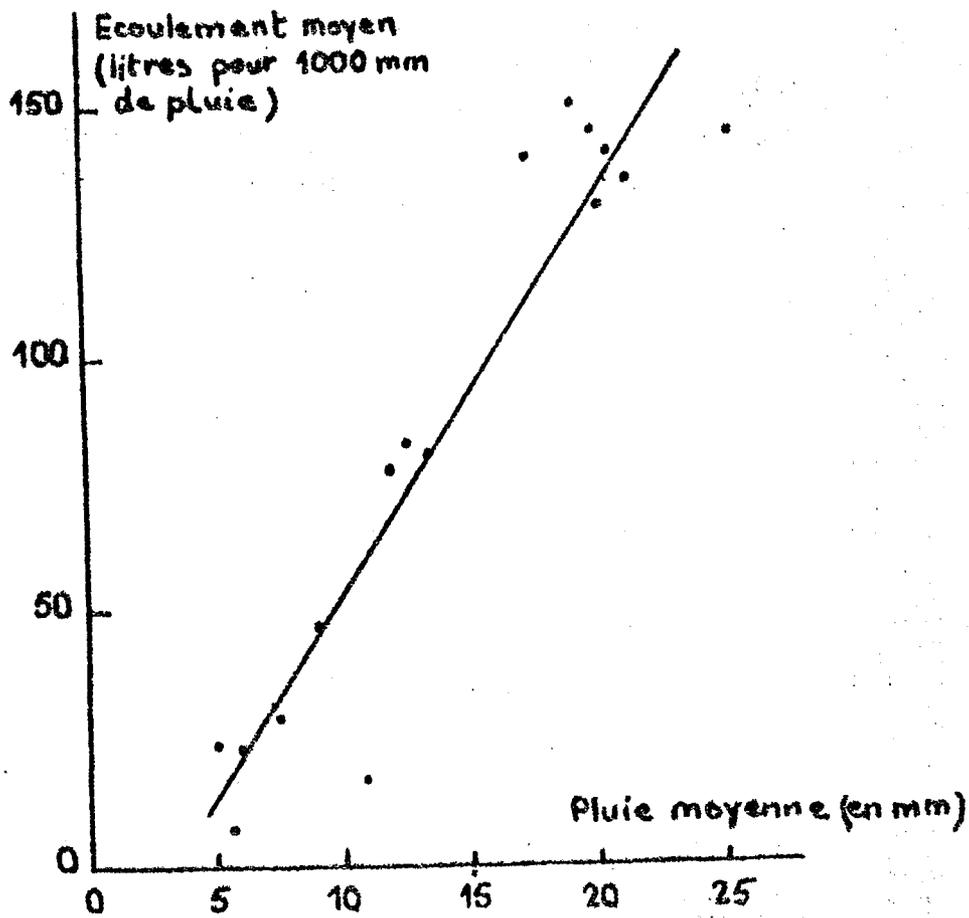


Figure 8.. Relation entre l'écoulement mensuel de l'arbre moyen (moyenne des 15 arbres) exprimé en litres pour 1 000 mm de pluie et la quantité moyenne de pluie tombée par jour de pluie pendant la même période.

PROGRAMME STAT3 GRAPHIQUES DE DEUX VARIABLES

FICHIER ETUDIE PSOLJ TITRE  
 INTERCEPTION - PLUIES AU SOL JOUR PAR JOUR - GUYANE BASSIN F (FICHIER MODIFIE)

MARGE TOTAL  
 LE NOMBRE DE POINTS EST 446

ABSCISSE PLUIE MIN 0.000E+00 MAX 1.200E+02  
 ORDONNEE INTERFIX MIN -2.000E+00 MAX 2.000E+01

NOMBRE DE POINTS MORS CADRE 2

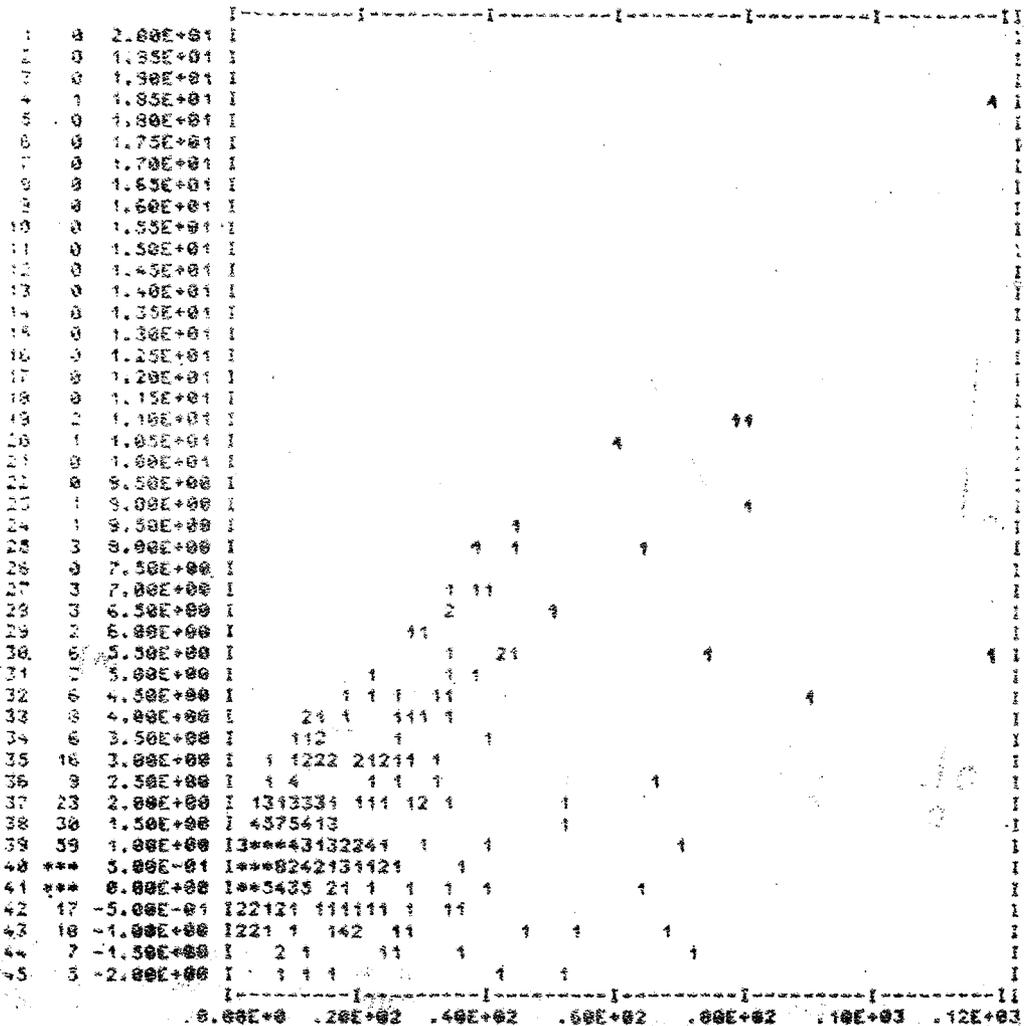


Figure 9.. Relation entre la pluie incidente et la quantité d'eau interceptée par le feuillage (d'après les données des 10 pluviomètres fixes) pour l'ensemble des 446 journées de pluie.

EVOLUTION COMPAREE DES MICROCLIMATS EN COUPE RASE,  
SOUS RECRU NATUREL ET SOUS FORET PRIMAIRE

-0-

M. DUCREY - J.M. GUEHL - D. FINKELSTEIN

Station de Recherches Forestières

Domaine Duclos - F. 97170 - PETIT-BOURG

-||-||-||-||-||-

1 - INTRODUCTION

La surface importante couverte par la forêt dense humide en Guyane Française (95 % du territoire) montre, s'il en était besoin, que celle-ci constitue l'écosystème climatique pour cette région.

L'équilibre qui s'y perpétue entre la composition floristique, la structure des peuplements et les microclimats atmosphériques et édaphiques peut être bouleversé localement à l'occasion d'un chablis ou à plus grande échelle lors d'une intervention humaine (abattis, exploitation forestière, coupe papetière).

Bien que la coupe papetière laisse près de 40 % de la biomasse végétale à terre, la modification brutale de l'apport énergétique à proximité du sol va créer des conditions microclimatiques extrêmement défavorable aux espèces forestières sciaphiles et entraîner le développement d'une végétation pionnière héliophile. Après la coupe, microclimat et végétation vont évoluer de façon interactive dans le sens d'une reconstitution du climat initial. Les premières années de recolonisation sont déterminantes dans le devenir de la végétation comme le montrent les études botaniques de FORESTA (1981). Qu'en est-il au niveau des paramètres microclimatiques ?

Un grand nombre de travaux apportent des éléments de réponse à cette question et parmi d'autres ceux de GALOUX et GRULOIS (1968), SCHNOCK (1970), AUSSÉNAC (1975) en forêts tempérées, CACHAN et DUVAL (1963), CRUZIAT (1966) en forêts tropicales ou équatoriales. Mais ces travaux ne font que comparer le microclimat sous forêt à celui du plein découvert ou d'une clairière plus ou moins grande.

L'objet de notre étude est d'analyser le microclimat sous le recru naturel et de le comparer à celui de la forêt et de la coupe rase.

	Matériel utilisé	Données recueillies	Poste 1	Poste 2	Poste 3
Abri météorologique grand modèle en bois	Thermographe enregistreur	Temp. journalières	oui	oui	oui
	Hygrographe enregistreur	Humidités jour.	oui	oui	oui
	Thermomètre à minimum	Temp. min. hebdo.	oui	oui	oui
	Thermomètre à maximum	Temp. max. hebdo.	oui	oui	oui
	Thermomètres sec et humide	Humid. relative actuelle	oui	oui	oui
	Piche	Pouvoir évaporant air	oui	oui	oui
Température de l'air hors abri	Indices actinothermiques à 5, 10, 20, 40, 80, 120 et 180 cm au dessus du sol	Temp. min. hebdo. et temp. actuelle à chaque niveau	oui	oui	oui
Températures dans le sol	Therm. à min. et à max. à - 2 cm	Temp. min. et max. hebdo.	oui	oui	oui
	Thermomètres à -10, -20, -50, et -100 cm	Temp. actuelle	oui	oui	oui
	Thermosondes enregistreurs à -5, -10 et -20 cm	Temp. journalières	depuis le 15.12.81	depuis le 15.12.81	non
	Pyranomètre kipp et zonen	Rayonnement global (joule - cm <sup>-2</sup> . jour <sup>-1</sup> )	oui	non	depuis le 4.12.81

Tableau 1 : Matériel utilisé et données recueillies.

Température	Poste	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Température maximum moyenne	1	29.1	28.3	30.1	29.9	29.6	29.5	30.6	31.3	31.8	31.6	31.4	29.3	30.2
	2	28.4	27.6	29.2	29.0	28.2	28.3	29.0	30.0	30.9	31.0	31.4	28.2	29.2
	3	27.1	26.4	27.4	27.2	26.6	26.3	26.7	28.0	28.6	28.7	28.3	26.6	27.3
	1-2	0.7	0.7	0.9	0.9	1.4	1.2	1.6	1.3	0.9	0.6	1.0	1.1	1.0
	2-3	1.3	1.7	1.8	1.8	1.8	2.0	2.3	2.0	2.3	2.3	2.1	1.6	1.9
Temp. maxi. absolue	1	30.4	30.8	31.6	32.1	31.3	31.8	33.5	32.8	33.1	33.0	33.5	32.0	33.5
	2	29.7	30.2	30.7	31.0	30.5	29.6	30.9	31.3	32.0	33.0	32.5	30.5	33.0
	3	28.1	28.0	28.7	29.0	28.5	28.1	28.6	29.2	29.5	29.5	30.2	28.5	30.2
Température minimum moyenne	1	21.5	22.2	21.2	22.6	22.1	21.8	20.6	21.6	21.3	21.2	21.6	21.9	21.6
	2	21.8	22.4	21.5	22.9	23.0	22.1	21.4	22.4	21.7	22.0	22.0	22.3	22.1
	3	22.0	22.5	21.8	23.1	22.7	22.5	21.5	22.1	22.3	21.9	22.1	22.2	22.2
	2-1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.9	0.3	0.8	0.8	0.4	0.8	0.4	0.4	0.5
	3-2	0.2	0.1	0.3	0.2	-0.3	0.4	0.1	-0.3	0.6	-0.1	0.1	-0.1	0.1
Temp. mini. absolue	1	19.5	20.2	18.7	21.0	20.5	19.9	19.1	20.6	20.2	20.2	19.5	20.2	19.1
	2	20.0	20.6	19.6	21.5	21.4	19.9	19.8	21.5	19.5	20.5	21.0	21.0	19.5
	3	20.5	21.1	20.2	22.0	21.6	21.2	20.0	20.1	21.0	20.0	21.5	20.0	20.0
Température moyenne	1	25.3	25.2	25.7	26.3	25.9	25.6	25.6	26.5	26.6	26.4	26.5	25.6	25.9
	2	25.1	25.0	25.4	26.0	25.6	25.4	25.2	26.2	26.3	26.5	26.1	25.2	25.7
	3	24.6	24.5	24.6	25.2	24.7	24.4	24.1	25.1	25.5	25.3	25.2	24.4	24.8
	1-2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.4	0.3	0.3	-0.1	0.4	0.4	0.2
	2-3	0.5	0.5	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	0.8	1.2	0.9	0.8	0.9

Tableau 2 . Quelques paramètres thermiques mensuels et annuels sous abri pour les 3 postes en 1981. (1 : plein découvert, 2 : recû naturel, 3 : forêt primaire)

## 2 - DISPOSITIF EXPERIMENTAL

La parcelle Arbocel sur laquelle porte cette étude se situe sur la piste de Saint-Elie à 14 kilomètres de Sinnamary et a été décrite à plusieurs reprises : PREVOST (1981), DE FORESTA (1981).

Le microclimat a été étudié dans trois stations météorologiques classiques ; l'une dans un plein découvert obtenu par une coupe rase sur un demi-hectare du recrû qui s'était déjà installé dans la parcelle Arbocel, la seconde sous le recrû naturel lui-même âgé de 4 ans en 1980 et haut d'environ 6 à 8 mètres et la troisième sous forêt naturelle à plus de 100 mètres de la lisière de la parcelle Arbocel. A cet emplacement et sur une surface de 400 m<sup>2</sup> autour de la station météorologique, on trouve 3300 tiges par hectare de diamètre supérieur à 2 centimètres ce qui représente une surface terrière de 46,93 m<sup>2</sup>/ha. Les arbres supérieurs à 20 centimètres de diamètre sont au nombre de 325 par hectare.

Le déroulement chronologique de l'installation des postes a été le suivant :

- . Juillet-août 1976 : exploitation forestière de type papetier ;
- . Juillet 1979 : aménagement d'une zone très dégradée (traces de débardage, feu accidentel) d'un demi hectare en coupe rase en vue de l'installation du poste de plein découvert ;
- . Juin 1980 : installation des trois postes :
  - poste 1 : coupe rase
  - poste 2 : recrû naturel (âgé de 4 ans, il correspond au groupement J, stade de régénération le plus évolué, à deux strates hautes, de DE FORESTA, 1981)
  - poste 3 : forêt primaire, placé à plus de 100 mètres de la lisière de la parcelle Arbocel
- . Juillet 1980 : premières mesures.

Le tableau 1 récapitule le matériel utilisé et la nature des données recueillies.

## 3 - RESULTATS

### 2.1. Conditions atmosphériques

### 2.1.1. Température de l'air

L'évolution des températures moyennes mensuelles suit le cycle des saisons, (Tableau 2), les températures les plus élevées étant notées durant la saison sèche (août à novembre). Les deux pics d'avril et septembre correspondent aux deux passages du soleil au zénith. Quelques données aberrantes non prises en compte masquent probablement le phénomène en septembre au poste 2.

L'évolution des températures moyennes sous le recrû est pratiquement calquée sur celle du plein découvert (écart 1-2 ne dépassant pas 0,4°C). Les écarts entre les 3 postes vis-à-vis de ce paramètre montrent nettement que le recrû naturel est plus proche du plein découvert que de la forêt primaire. Les différences sont dues essentiellement au paramètre température maximale (Tableau 2), le phénomène étant par ailleurs plus marquée en saison sèche (septembre-octobre 1980, mars 1981, septembre-octobre 1981) qu'en saison des pluies (Fig? 1 et 2).

Pour les 3 postes les variations nyctémérales les plus faibles sont observées durant la saison des pluies et les plus importantes durant la saison sèche (Tableau 3). Dans ces conditions extrêmes, le poste 2 est toujours plus proche du poste 1 que du poste 3.

	1 : PLEIN DECOUVERT	2 : RECRU	3 : FORET PRIMAIRE
Var. nycth. min. (27.4.81)	2,4°C	2,4°C	1,1°C
Var. nycth. max. (26.9.80)	12,5°C	11,8°C	8,3°C

Tableau 3 : Variations nyctémérales extrêmes observées depuis l'installation des postes.

Enfin toujours au niveau journalier, les exemples de la figure 3 font apparaître un décalage entre les postes dans l'apparition des maxima thermiques. Ainsi, sans tenir compte d'un passage nuageux à 12 heures qui n'a marqué que le poste 1, on observe pour une journée couverte un retard d'une heure du poste 3 sur les postes 1 et 2, et pour une journée ensoleillée un retard de 2 heures du poste 2 sur le poste 1 et 2 heures également du poste 3 sur le poste 2. Ces valeurs ponctuelles ne sont données qu'à titre indicatif mais il est évident qu'une fermeture croissante du couvert végétal entraîne une réaction de plus en plus lente et tamponnée vis-à-vis des événements extérieurs.

### 2.1.2. Humidité relative et pouvoir évaporant de l'air

L'humidité relative maximale est un paramètre quasiment constant et, dans tous les cas, est proche de la saturation (tableau 4). De la même manière que pour le facteur température ce sont donc les valeurs diurnes (humidité relative minimale) qui différencient le mieux les 3 postes. Les plus faibles valeurs apparaissent au cours de la saison sèche (septembre, octobre, novembre).

	Paramètre	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Plein découvert	HR max. %	99.6	99.6	99.5	99.5	99.7	99.1	99.6	99.8	99.8	99.8	99.6	99.6	99.5
Poste 1	HR min. %	79.0	84.2	73.3	82.1	83.2	80.0	72.0	71.6	64.4	69.3	68.9	81.5	75.8
	HR moy. %	89.3	91.9	86.5	90.8	91.4	89.5	85.8	85.2	82.1	84.5	84.2	90.5	87.6
	Piche mm	43.2	23.2	53.4	29.1	39.2	26.6	32.9	43.8	53.5	52.5	43.8	29.5	470.9
recrû naturel	HR max. %	99.6	99.5	99.6	99.8	99.7	99.2	99.6	99.6	99.7	99.8	100.0	99.5	99.6
Poste 2	HR min. %	80.6	85.2	74.1	83.0	84.0	82.3	74.9	70.6	65.5	70.4	70.3	81.9	76.9
	HR moy. %	90.1	92.3	86.8	91.4	91.8	90.7	87.2	85.1	82.6	85.1	85.1	90.7	88.2
	Piche	25.7	14.8	33.9	19.6	15.6	15.2	18.4	25.5	33.5	36.2	30.6	17.4	286.4
Forêt primaire	HR max. %	99.6	99.2	99.7	100.0	99.9	99.6	99.8	98.6	99.4	99.6	99.7	99.7	99.6
Poste 3	HR min %	81.7	86.5	77.2	80.0	89.9	88.2	81.3	75.9	70.4	75.8	76.7	87.6	81.6
	HR moy.	90.6	92.8	88.4	94.0	94.9	93.9	90.5	87.2	84.9	87.2	87.7	93.1	90.4
	Piche mm	29.9	11.2	30.1	13.0	9.6	16.3	11.7	19.0	22.3	22.9	19.2	10.9	216.1

Tableau 4. Valeurs moyennes mensuelles des humidités relatives maximales, minimales et moyennes sous abri et valeurs cumulées du piche sous abri. (année 1981).

On peut noter une nouvelle fois que les valeurs obtenues sous recrû se rapprochent davantage de celles du plein découvert que de celles de la forêt primaire.

Par contre, l'inverse est observé au niveau des valeurs d'évaporation du piche. Les évaporations mesurées sous le recrû et sous la forêt primaire correspondent respectivement à 60,8 % et 45,9 % de l'évaporation en plein découvert. Cette plus grande similitude entre recrû et forêt primaire ne pouvant être imputée ni au facteur température ni au facteur humidité relative, le phénomène est certainement lié à une chute sensible de la ventilation sous le recrû par rapport au plein découvert.

Quand on s'intéresse au déficit de saturation : écart entre l'humidité relative réelle et la saturation à 100 % d'humidité relative, on note que la liaison existant entre le déficit de saturation moyen mensuel et l'évaporation mensuelle du piche (Fig. 4) va également dans le sens d'un éloignement du poste 2 par rapport au poste 1.

### 2.1.3. Rayonnement global

La comparaison du rayonnement global mesuré à 1,50 mètre du sol entre la forêt primaire et la coupe rase porte sur 100 journées de mesure du 05.12.81 au 15.03.82.

Les valeurs du plein découvert oscillent entre 346 et 2198 joule.  $\text{cm}^{-2}$ . jour<sup>-1</sup> alors que les valeurs sous forêt primaire s'étalent de 6 à 73 joule.  $\text{cm}^{-2}$ . jour<sup>-1</sup>. Le tableau 5 fournit les moyennes décadaires du rayonnement global aux postes 1 et 3 depuis l'installation des pyranomètres.

L'éclairement relatif à 1,50 mètre du sol sous forêt est fonction de la valeur du rayonnement incident (Fig. 5). Pour des valeurs de celui-ci comprises entre 300 et 1300 joule.  $\text{cm}^{-2}$ . jour<sup>-1</sup> on note une augmentation régulière de l'éclairement relatif. Au-delà de 1300 joule.  $\text{cm}^{-2}$ . jour<sup>-1</sup> le pourcentage de rayonnement incident arrivant sous forêt semble se stabiliser autour d'une valeur moyenne de 2,7 %.

Cette évolution de l'éclairement relatif en fonction de l'éclairement incident apparaît en opposition avec le fait couramment admis, sous les latitudes moyennes, que l'extinction du rayonnement global est plus forte par temps clair que par temps couvert. Mais on peut penser qu'en zone équatoriale la position zénithale du soleil favorise la pénétration du rayonnement solaire direct et qu'ainsi l'éclairement relatif au sol est plus élevé par temps clair que par temps couvert.

### 2.1.4. Estimation de l'ETP climatique

Les données recueillies au poste 1 devraient permettre plusieurs types de calcul de l'ETP climatique (formule de TURC, THORNTWAITE, BOUCHET).

Poste	Plein découvert (1)			Forêt primaire (3)		
	décade mois	1	2	3	1	2
Sept. 1980			2066			
Oct. 1980	1956	1886	1818			
Nov. 1980	1960	1502	1489			
Déc. 1980	1239	1509	1562			
Jan. 1981	1348	1524	1541			
Fév. 1981	1210	1239	1082			
Mar. 1981	1427	1900	2022			
Avr. 1981	1518	1230	1439			
Mai 1981	1394	1514	1245			
Juin 1981	1568	1236	1585			
Juil. 1981	1702	1781	1615			
Août 1981	1765	1896	1825			
Sept. 1981	1982	2008	1879			
Oct 1981	1865	1858	1978			
Nov. 1981	1731	1772	1724			
Déc. 1981	1349	1208	1329		28	33
Jan. 1982	1184	1354	1485	26	35	43
Fév. 1982	970	1379	1456	24	40	44
Mars 1982	1584	1260	1072	44	29	26

Tableau 5 : Moyennes décadaires du rayonnement global en  $J. cm^{-2}. Jour^{-1}$  en plein découvert (poste 1) et sous forêt primaire (poste 3).

FOUGEROUZE (1966) préconise, après divers tests, la formulation de BOUCHET (piche corrigé) comme étant la mieux adaptée au climat guyanais. Toutefois, le calcul à l'aide de cette formule nous amène, en ce qui concerne Arbocel, à une valeur de l'ordre de 950 mm qui est de toute évidence inférieure à la valeur réelle. ROCHE (1980) estime en effet, à partir de bilan hydrologique de bassin versant, l'ETR à 1470 mm.

La formule de THORNTWAITE a la propriété de tamponner exagérément les variations mensuelles mais la valeur annuelle donne généralement une bonne estimation de l'ETP annuelle. On trouve ainsi pour Arbocel une valeur de 1517 mm pour l'année 1981.

## 2.2. Conditions édaphiques

Les températures maximales et minimales à -2 centimètres dans le sol sont disponibles à l'échelle décadaire depuis novembre 1980 comme pour les températures de l'air ; les différences de températures minimales entre stations sont très faibles.

La figure 6 montre l'évolution saisonnière des températures maximales décadaires à -2 centimètres. Les saisons sont très marquées en coupe rase (petit été de mars 1981, saison sèche 1981 centrée sur septembre-octobre) ; les valeurs sont comprises entre 35°C et 60°C. Sous forêt primaire, la température maximale décadaire est pratiquement constante et fluctue entre 24,5°C et 26,5°C.

D'une façon générale, le recrû est plus voisin de la forêt primaire que du plein découvert. Les valeurs y oscillent entre 25°C et 42°C mais l'amplitude de ces oscillations diminue progressivement au cours du temps. Il existe aussi des variations saisonnières liées au déplacement des taches de soleil au niveau du sol car le recrû est suffisamment hétérogène pour que le site de mesures soit situé tantôt à l'ombre, tantôt au soleil.

Les enregistrements effectués en continu à -5 centimètres, -10 centimètres et -20 centimètres depuis décembre 1981 confirment ces résultats. Le tableau 6 indique les valeurs extrêmes atteintes à chaque profondeur pour la coupe rase et le recrû. On peut constater que le recrû naturel a acquis au niveau du sol un pouvoir tampon très efficace qui se traduit par une dépendance plus faible des températures de sol vis-à-vis des températures de l'air (comme le montrent les coefficients de corrélation du tableau 6), allant jusqu'à une absence de liaison significative à -20 centimètres.

PROFONDEUR	PLEIN DECOUVERT		RECRU NATUREL	
	Amplitude (°C)	r	Amplitude (°C)	r
- 5 cm	28,5/37,0 (signif. 1 %)	0.775	23,7/26,5 (signif. 1 %)	0.521
- 10 cm	28,0/38,0 (signif. 1 %)	0.756	23,7/26,0 (signif. 1 %)	0.559
	26,5/29,0 (signif. 1 %)	0.594	24,0/25,5 (signif. 1 %)	0.193

Tableau 6 : Amplitudes des températures journalières maximales à différentes profondeurs et coefficient de corrélation avec les températures journalières maximales de l'air sous abri.

#### 4 - CONCLUSION

L'analyse comparative des données de postes météo installés en coupe rase, sous recrû naturel et sous forêt primaire a permis de définir le recrû comme un milieu au microclimat original, intermédiaire entre les 2 extrêmes considérés.

Les caractéristiques atmosphériques sont encore proches de la coupe rase à l'exception du pouvoir évaporant de l'air (lié certainement à un abaissement de la ventilation) alors que ses caractéristiques édaphiques ont déjà amorcé, 5 ans  $\frac{1}{2}$  après la coupe papetière, un net retour vers les conditions microclimatiques initiales. Ce dernier point permet de mieux comprendre la présence précoce d'espèces forestières sous le recrû de type J (DE FORESTA, 1981) dont il faut cependant rappeler qu'il correspond actuellement au stade le plus avancé de la régénération.

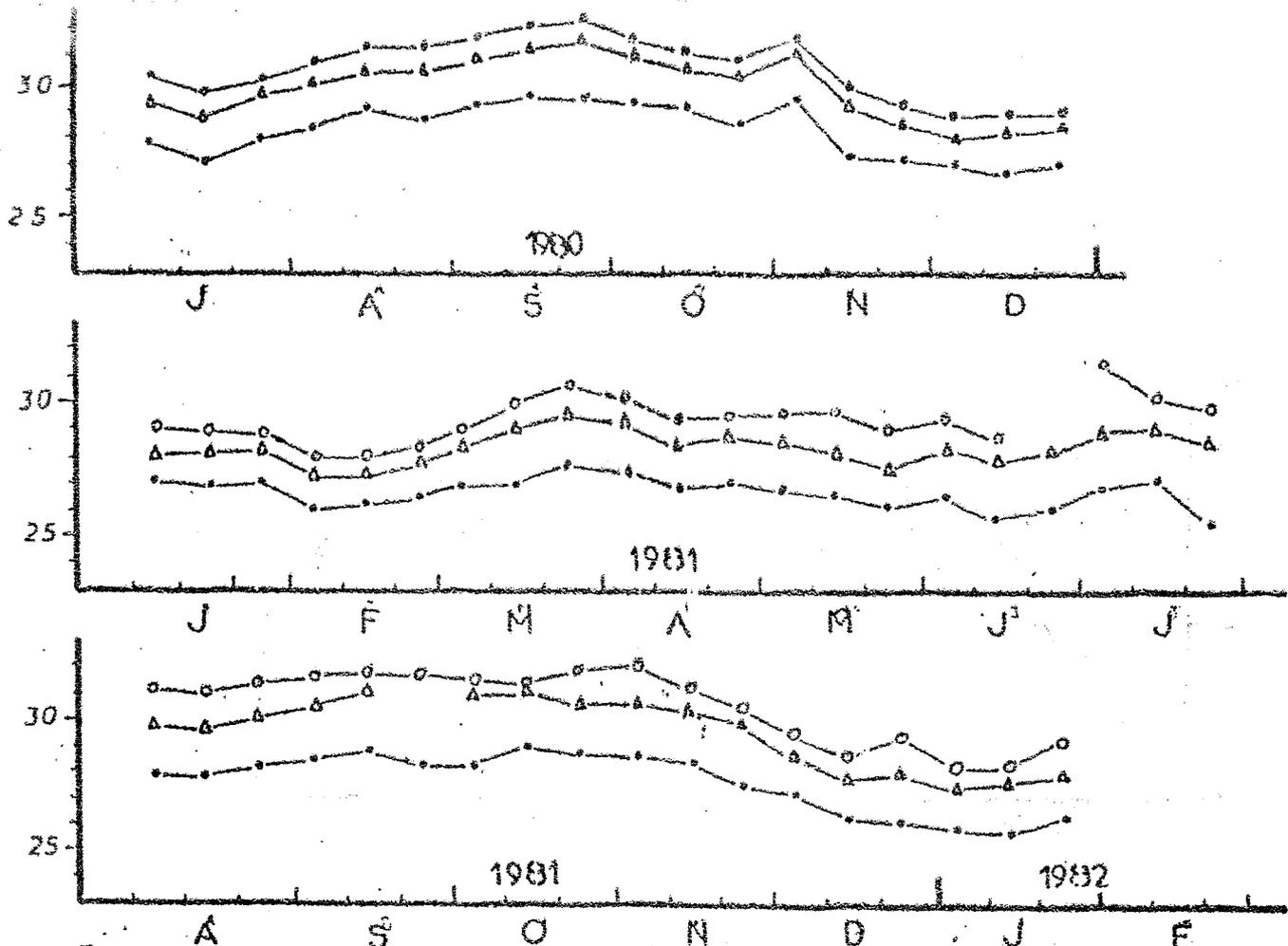


Figure 1. Evolution saisonnière des températures maximales sous abri (moyennes décadaires)  
 plein découvert : ○—○ , recru : △—△ , forêt primaire : ●—●

Temp. min. (°C)

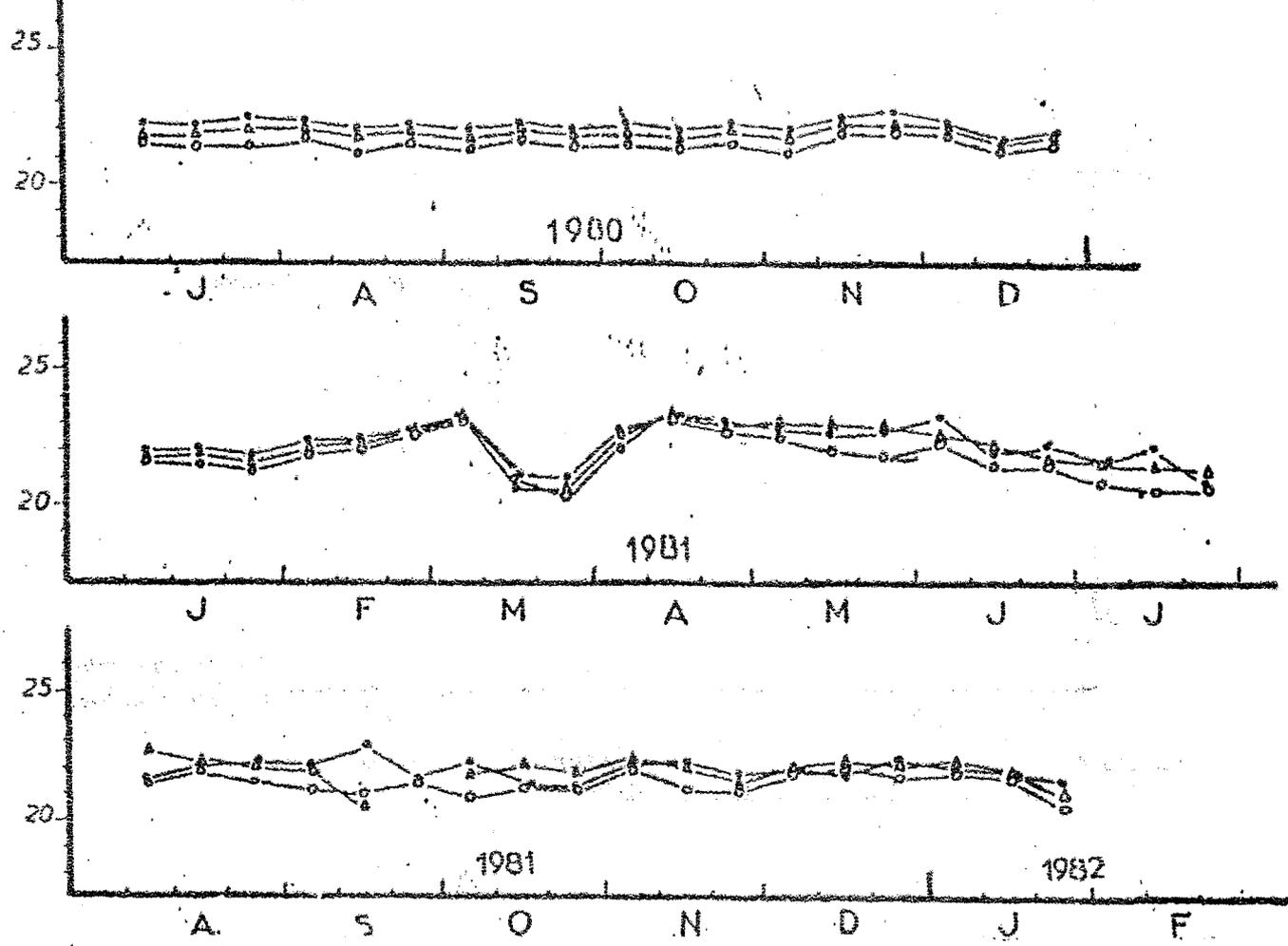


Figure 2. Evolution saisonnière des températures minimales sous abri.

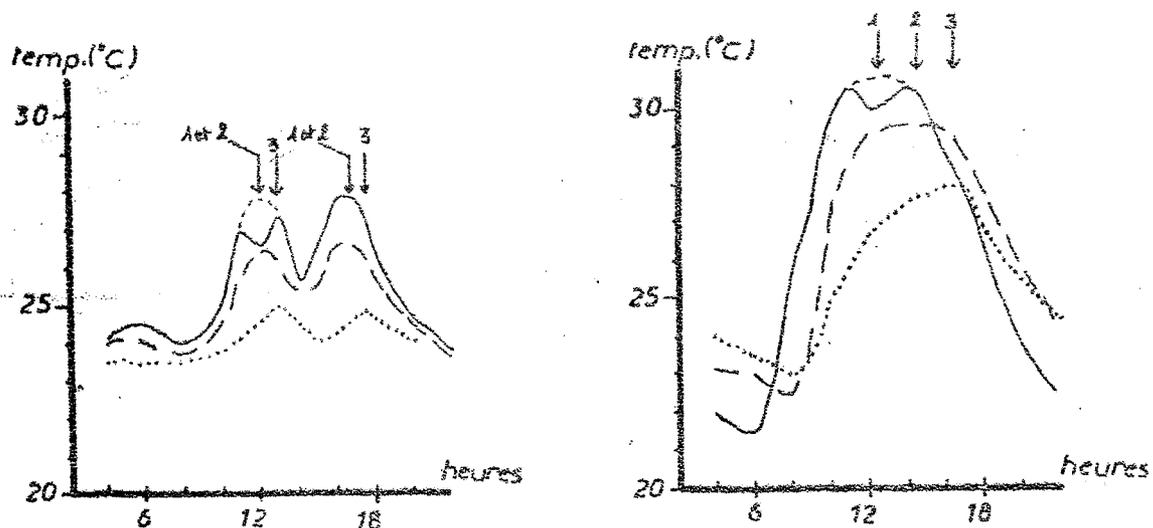


Figure 3. Exemples d'évolution journalière des températures : a- par temps couvert b- par temps clair

— : plein découvert, - - - : recru, ..... : forêt primaire

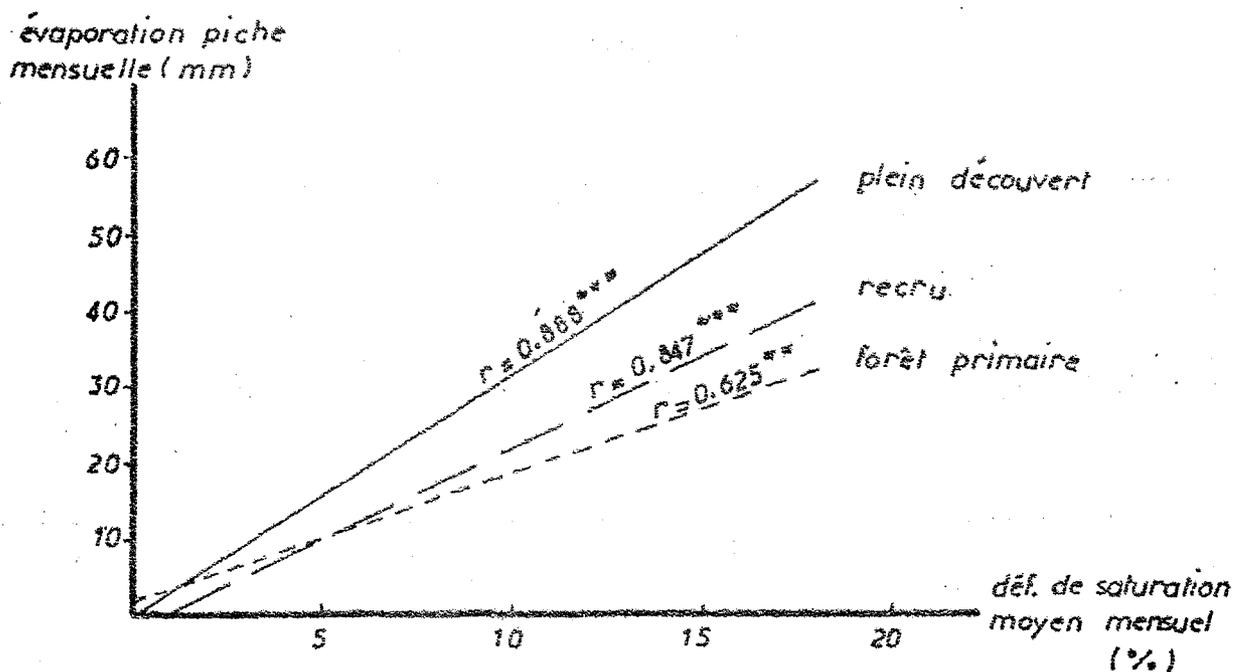


Figure 4. Relation entre le déficit de saturation moyen mensuel et l'évaporation mensuelle du piche

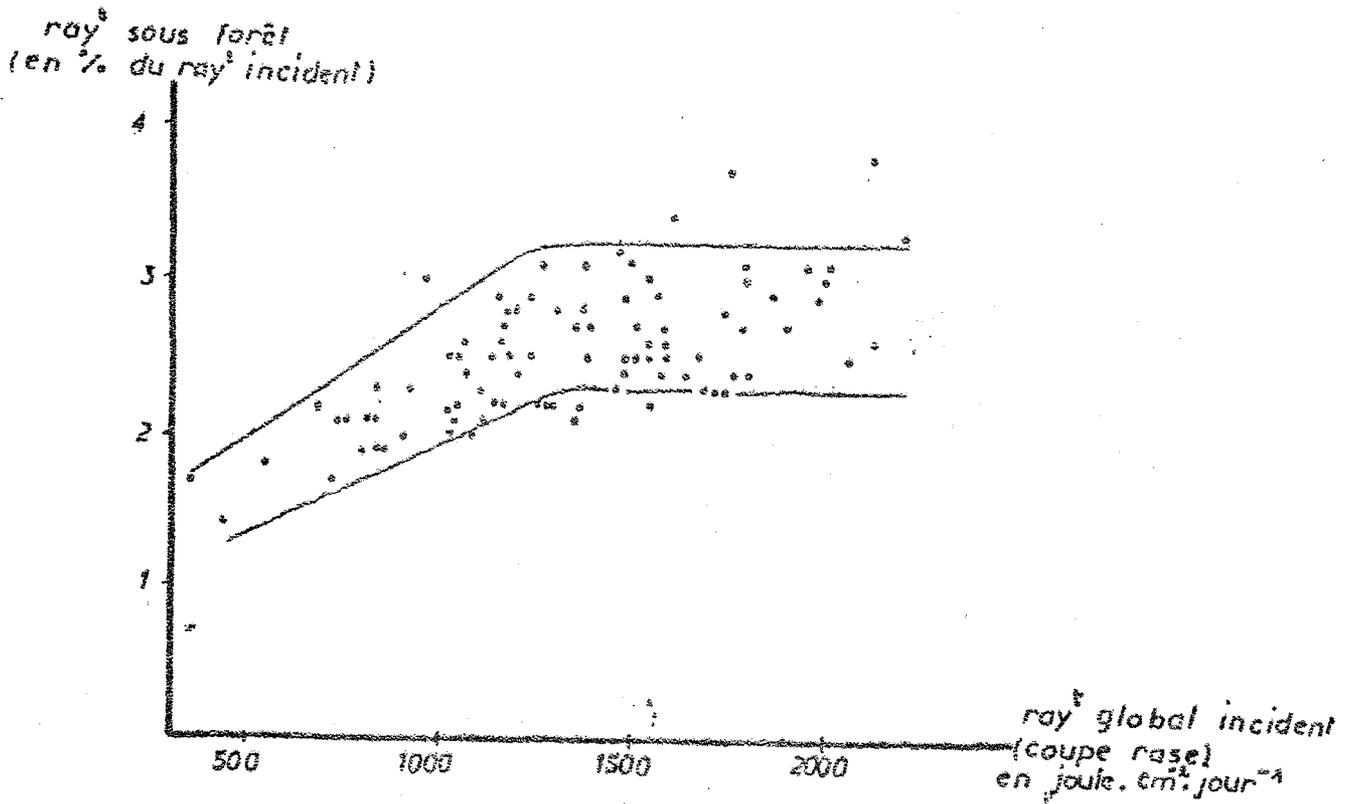


Figure 5. Relation entre rayonnement global incident et éclaircissement relatif sous couvert à 1,50m du sol.

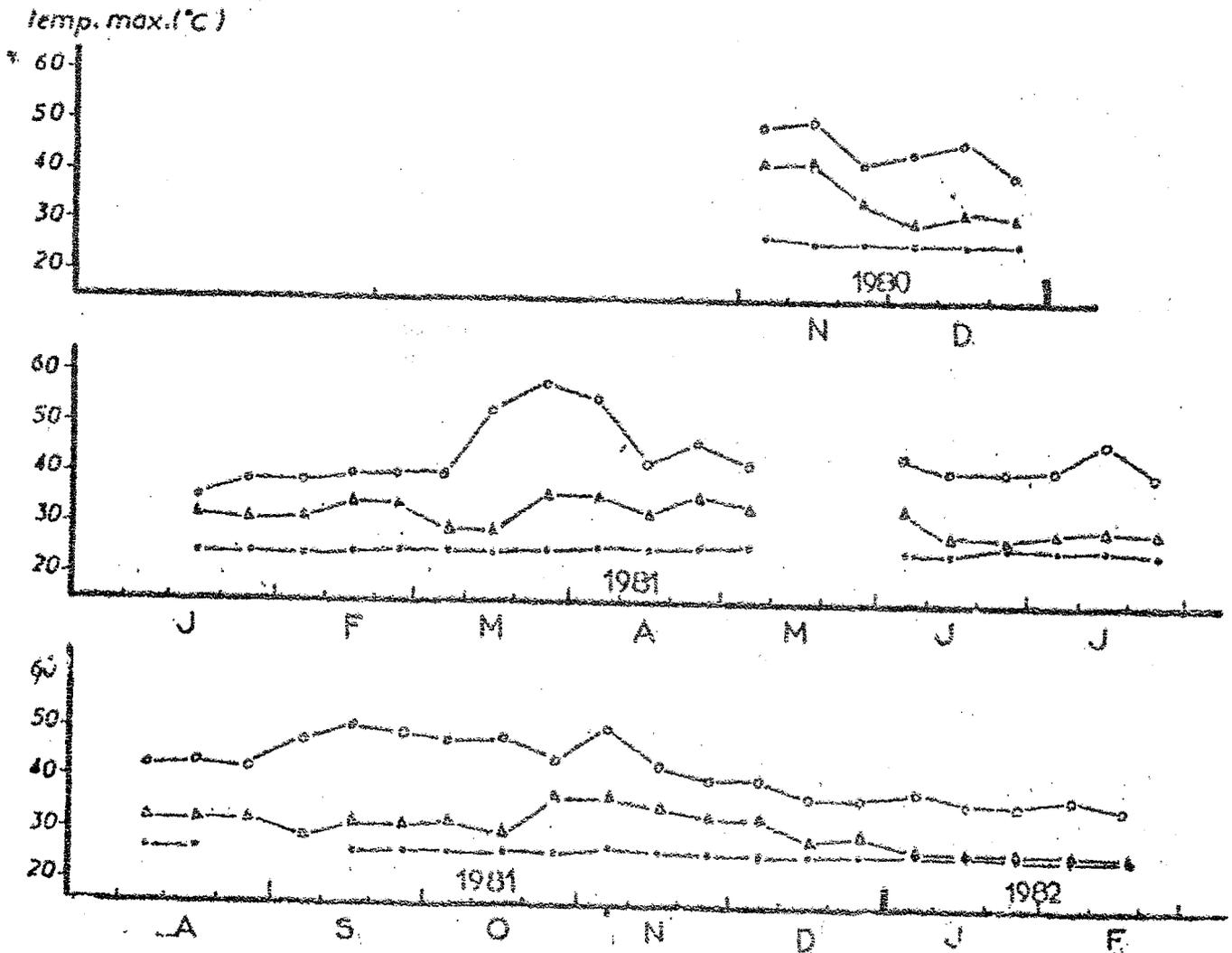


Figure 6. Evolution saisonnière des températures maximales à -2 cm dans le sol (moyennes décadales)

○—○ : plein découvert    △—△ : ...

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUSSENAC G.; 1975 - Couverts forestiers et facteurs du climat : leurs interactions, conséquences écophysiologicals chez quelques résineux. Thèse d'état. Université Nancy I, 240 p.
- CACHAN P. et DUVAL J., 1963 - Variations microclimatiques verticales et saisonnières dans la forêt sempervirente de Basse Côte d'Ivoire. Annales Faculté Sciences Dakar Vol. 8, pp 5-87.
- CRUZAT P., 1966 - Note sur le microclimat de la strate inférieure de la forêt équatoriale comparé à celle d'une clairière. Biologia Gabonica Vol. II, n° 4, pp 361-402.
- DE FORESTA N., 1981 - Premiers temps de la régénération naturelle après exploitation papetière en forêt tropicale humide. Thèse 3e cycle, Académie Montpellier, USTL, 114 p.
- FOUGEROUZE J., 1966 - Quelques problèmes de bioclimatologie en Guyane Française. L'Agronomie Tropicale, n° 3, pp 291-346.
- GALOUX A et GRULOIS J., 1968 - Recherches sur l'écosystème Forêt. Echanges convectifs et radiatifs en phase vernale. Trav. Stat. Rech. Eaux et Forêts Belgique. Série A, n° 13, 52 p.
- PREVOST M.F., 1981 - Recrû de 3 ans après coupe de type papetier. Bulletin ECEREX n° 3, pp 68-81.
- ROCHE M.A., 1980 - Comportements hydrologiques comparés et érosion de l'écosystème forestier tropical à ECEREX en Guyane. Document ORSTOM, 56 p.
- SCHNOCK G., 1967 - Recherches sur l'écosystème Forêt. Cours annuel de la température de l'habitat et période de végétation. Bull. Inst. Roy. Sci. Nat. Belgique. Série B, n° 11, 12 p.

DISCUSSION :

-BAILLY se montre surpris par la réaction du bassin C (drainage vertical libre) par rapport à celle du bassin A (drainage vertical bloqué). En effet, le défrichement sur un bassin à drainage libre ne devrait pas poser de problèmes, contrairement à un défrichement sur sol à drainage bloqué. Or nous constatons un résultat inverse.

Si on considère l'augmentation du ruissellement, C croît dans un rapport de 2,53 au moment du défrichement, tandis que A n'atteint que 1,89. Mais les coefficients de ruissellement ne sont que 18 % dans le premier cas, tandis qu'ils atteignent 40 % dans le second. On reste donc dans les dispositions du DVL et DVB. (FRITSCHE).

- Après toutes ces mesures, peut-on dire quel est le meilleur aménagement pour la protection du sol ? (DOS SANTOS)

Le choix des aménagements est fait en concertation avec l'O.N.F. et la D.D.A. et les différents organismes de recherche participants. (SARRAILH)

Le pâturage a été choisi parce que c'est aussi le choix du développeur agricole de la GUYANE.

Le verger, dans le cas de sols perméables, est aussi une spéculation retenue pour le développement agricole.

Le reboisement, en pin et eucalyptus, répond au projet d'installation d'une industrie papetière.

L'abattis représente le type de culture local.

Deux moments de mise en valeur ont été prévus : en saison sèche (bassin A et C) ; en pleine saison des pluies, cas le plus général, et permettant de répondre à une question posée par la D.D.A., souhaitant améliorer le rendement des engins, par un travail réparti sur toute l'année.

Quand on lit le chiffre d'un transport de 1000 t/ha/an, on peut donc répondre qu'il est hors de question de travailler en saison des pluies sur ces pentes.

Les effets de la mise en place du défrichement et de l'aménagement doivent encore être observés sur 2 à 3 ans.

- L'aménagement ici est une spéculation agricole que l'on implante. Mais on doit aussi considérer que façons culturales et techniques de culture font partie de l'aménagement. Il faudrait prévoir des systèmes de culture en liaison avec les différents types d'aménagement. (KAHN).

- Le fait de mesurer l'abaissement de hauteur de sol avec un réseau de piquets et de ficelles, ne signifie pas seulement qu'il a eu des dépôts vers le bas de versant et vers l'exutoire. Il y a aussi les tassements.

.../...

Par ailleurs, il faudrait corrèler les charriages à la distribution des nodules et pas seulement au type de drainage et au type de perméabilité de surface. (HUMBEL)

- DOURROJEANI pense que l'expérience ECEREX peut présenter un danger si elle était extrapolée sans précautions. En effet, le risque d'érosion peut paraître plus faible qu'ailleurs. La taille du modèle est ici essentielle. Ruissellement et érosion se produisent à partir d'une certaine surface. Or, ici il n'y a pas de grands versants. La maille du modèle est de l'ordre de l'hectare. Cela n'a évidemment rien à voir avec les grands versants andins. (FRITSCH).

Au départ nous connaissions des différences de dynamique entre les sols. Les pédologues étaient même très inquiets à l'idée d'utiliser ces milieux.

Ailleurs dans des exploitations agricoles bien tenues, on observe des pâturages qui ont tendance à disparaître très vite. Se fier à la connaissance agronomique générale ne suffit donc pas. Il faut une station où l'on puisse vérifier toutes les données. L'expérimentation doit être contrôlée de bout en bout par l'agronome.

Malgré la beauté du pâturage observé sur un bassin, le pédologue constate une diminution de la couche utile du sol. Comment lui redonner une profondeur correcte ? Il faudrait, pour limiter la dégradation, essayer une solution intermédiaire entre l'abattis, qui laisse un fouillis inextricable dans lequel un engin pourra difficilement passer ensuite, et le défrichement massif. Un abattage manuel protégerait certainement le sol (BOULET).

- Actuellement les projets papetiers sont abandonnés mais il y a en GUYANE un projet tout à fait comparable. C'est celui de l'utilisation de la forêt naturelle pour en faire des copeaux de bois puis de l'énergie. (GAZEL)

- ROCHE insiste sur l'intérêt des mesures d'interception comme modèles pour des études hydrologiques mais aussi pour les bilans. L'interception est un élément de l'évapotranspiration réelle, mesurée par ailleurs. Si on enlève l'interception et l'évaporation au sol, on trouve la transpiration physiologique de la forêt. Celle-ci est de l'ordre de 900 mm/an à ECEREX.

On a vu par les travaux de LESCURE que l'eau contenue dans les arbres était de l'ordre d'une lame de 1,5 mm d'eau rapportée à la surface totale. Ce qui fait un coefficient de renouvellement de l'eau dans la végétation d'environ 450 fois par an ; c'est-à-dire que l'eau se renouvelle dans les arbres près d'une fois et demi par jour. Cela montre l'importance de la vie de la forêt.

- SCHUBART rappelle la phénologie des arbres. Durant la saison sèche, quelques arbres perdent leurs feuilles. Mais DUCREY n'a pas vraiment noté de différences entre les saisons. Il n'y a pas eu augmentation du pourcentage des précipitations au sol pendant la saison sèche.

- HUTTEL rapporte que des auteurs Polonais ont tenté de corréler le taux d'interception et les caractères structuraux du peuplement végétal. La relation est très nette, en prenant un facteur K variable, la densité et la surface terrière.

Pour une surface terrière donnée l'interception augmente avec le nombre d'individus.

Avec une densité donnée, plus les arbres sont gros, plus la surface terrière est grande et plus il y a d'interception.

- Les études d'interception vont continuer. Cette fois, en se calant sur le milieu sylvigénétique qui sera défini par les botanistes. Si on veut mettre en évidence les différences d'interception en fonction du type de végétation, il faut qu'on ait la pluviométrie sous forêt avec une précision acceptable. Pour avoir des résultats avec moins de 5 % d'erreurs il faudrait 100 pluviomètres !

S'il y a plusieurs milieux différents, cela multiplie encore le nombre de pluviomètres !

Or, quand on veut échantillonner un milieu variable, on peut promener un capteur à vitesse constante dans le champ de probabilité. (exemple : un fauchage par intégration).

On pourrait donc imaginer un petit monorail, facilement transportable dans différents milieux, avec un pluviomètre qui se déplacerait à vitesse constante dans un très grand échantillonnage. On pourrait ainsi avoir très vite et simultanément des observations sur les différents milieux. (FRITSCH)

- Avec 21 pluviomètres, DUCREY a utilisé 147 emplacements. Comme il n'y a pas de variations dans le temps, on peut donc envisager des déplacements à intervalles réguliers dans le temps, et en quantité de précipitation ... ( c'est-à-dire que par exemple 10 pluviomètres seraient déplacés chaque fois qu'ils ont reçu 50 mm de pluies.)

A partir du moment où on peut dire qu'il n'y a pas de saison pour le calcul de l'interception, il n'y a pas de raisons de faire des mesures pendant un ou deux ans au même endroit. (DUCREY)

- LESCURE fait remarquer que le diamètre des troncs ne signifie pas grand chose en dehors du contexte architectural. Il est plus important de savoir si un arbre est surcîmé ou surcîmant.

On pourrait tenter d'estimer l'interception d'une autre manière ; en intégrant une grande surface de couvert végétal. On pourrait par exemple utiliser une case ERLO, installée sur un sol à drainage vertical bloqué, et mesurer tout ce qui coule en surface et dans les horizons inférieurs. Par différence on aurait une idée de l'interception sur une parcelle de X m<sup>2</sup> ? (LESCURE)

INFLUENCE DES PROPRIETES HYDRIQUES ET DE LA DISPONIBILITE EN EAU DU SOL  
SUR LA CROISSANCE DU PIN DES CARAIRES : PREMIERS RESULTATS

-o-

D. FINKELSTEIN

-|-|-|-|-

1 - INTRODUCTION

La production de bois à pâte à papier est une des alternatives envisagées pour la mise en valeur des zones déforestées en Guyane Française. Le pin des Caraïbes figure parmi les essences à croissance rapide choisie par les forestiers en vue de réaliser à terme des plantations monospécifiques destinées à l'exploitation papetière.

Toutes les études variétales menées sur P. caribaea s'accordent à dire que la variété Hondurensis présente la plus forte croissance (DE VRIES et al., 1978 ; BELIGNE, 1979 ; ROLLET, 1980 ; RAKOTOMANAMPISON et VERHAEGEN, 1980). Cette variété occupe dans son aire d'origine (isthme central-américain) de nombreux écotypes dont la pluviométrie (de 1800 à 4200 mm) et le pouvoir drainant du sol sont parmi les principaux critères de différenciation (COSSALTER, 1978, 1981).

Il était donc intéressant, en égard à l'importance accordée en Guyane aux propriétés hydriques et hydrodynamiques des sols, d'entreprendre en premier lieu l'étude de la croissance de cette variété en fonction du facteur hydrique.

2 - DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le support expérimental de l'étude est constitué par le bassin G de l'opération ECEREX.

2.1. Données climatologiques

Le dispositif ECEREX se situe entre les isohyètes 2750 et 3000 mm de pluviométrie annuelle (moyenne 1956-1976, Atlas de la Guyane).

Pour 1981, les températures moyennes mensuelles à 2 mètres sous abri vont de 25,2°C (février) à 26,5°C (novembre). Les températures maximales dans le sol sont observées en saison sèche et peuvent atteindre 60°C à -2 cm, 38°C à -10 cm et 29°C à -20 cm. L'ETP annuelle Thornthwaite a une valeur de 1517 mm pour l'année 1981 (FINKELSTEIN, 1982).

## 2.2. Données pédologiques

Le bassin versant étudié ici est situé sur schistes Bonidoro. Le blocage du drainage est généralisé sur l'ensemble du bassin et le thalweg atteint le magasin de nappe général (BOULET, 1981).

Toutefois, ce bassin n'est pas homogène en regard du facteur hydrique. La cartographie établie par BOULET permet d'y distinguer deux grands ensembles : une zone dont les caractères pédologiques sont fortement marqués par une hydromorphie temporaire et une zone non marquée par cette hydromorphie. Par souci de simplification, nous le dénommerons respectivement zone hydromorphe et zone non hydromorphe.

## 2.3. Matériel végétal

Le défrichement du bassin G eut lieu en mars 1981. Les pins ont été plantés à l'âge de 6 mois environ, en mai 1981 (densité de plantation 3 x 3). La variété utilisée est Pinus caribaea Morelet var. Hondurensis. La provenance est Poptum (Guatemala, moyenne montagne de l'intérieur) dont la pluviométrie annuelle est de 1800 mm.

## 3. METHODOLOGIE

### 3.1. Mesure de la réserve en eau du sol

Les variations de réserve en eau du sol ont été mesurées à l'aide d'un humidimètre à neutron (type Nardeux Solo 20). Sept tubes d'accès neutronique, d'une profondeur de 170 cm, sont installés le long d'un transect traversant le bassin (DUCREY, 1981) et font l'objet de mesures hebdomadaires. Chaque tube permet l'obtention d'un profil d'humidité volumique et par suite, le calcul de la réserve en eau totale (exprimée en mm) pour une tranche de sol donnée.

### 3.2. Mesure de la croissance en hauteur des pins

L'échantillon choisi (170 plants) se situe dans un couloir de 10 mètres de large entourant le transect des tubes de sonde. 74 plants se trouvent dans la zone non hydromorphe et 77 dans la zone hydromorphe. Le résidu constitué des zones tampons non pris en compte dans les calculs de croissance par zone ;

La croissance en hauteur de la pousse terminale de chaque plant a été relevée de façon hebdomadaire du 12.1.82 au 08.12.82.

## 4. RESULTATS

#### 4.1. Croissance en hauteur et disponibilité en eau du sol : évolution saisonnière

. Tout au long de l'année, les pins étudiés présentent des vagues de croissance de durée et d'intensité irrégulières (Fig. 1). Les valeurs extrêmes de la croissance moyenne hebdomadaire de l'échantillon sont de  $1,12 \text{ mm.j}^{-1}$  (fin de saison sèche : octobre 1982) et  $2,86 \text{ mm.j}^{-1}$  (début de saison des pluies : décembre 1982).

. L'évolution saisonnière des réserves hydriques totales (moyenne des 7 tubes) de la tranche de sol 10-90 cm\* montrent également de nombreuses oscillations (Fig. 1).

Pour mettre en évidence l'influence des variations de la réserve en eau sur la croissance en hauteur, deux grandes périodes peuvent être distinguées :

- a) Pleine saison des pluies et début de saison sèche :

Durant cette période, la croissance et la réserve en eau ont tendance à évoluer en sens inverse. À partir de mi-mars par exemple, on observe une recharge progressive du stock hydrique atteignant un maximum début juillet alors que dans le même temps, la croissance a diminué jusqu'à un minimum relatif.

- b) Pleine saison sèche et début de saison des pluies :

Au cours de cette période, on peut observer fréquemment une évolution dans le même sens des deux paramètres étudiés. Ceci est particulièrement net depuis début octobre jusqu'à la fin des mesures.

La figure 2 permet de mieux visualiser ces deux types de liaison et d'en préciser les limites. La croissance moyenne de l'échantillon y est reportée en fonction des réserves hydriques totales moyennes (10 à 90 cm), chaque point représentant une période séparant deux mesures.

. En deçà d'une valeur de la réserve hydrique égale à 250 mm, la croissance est liée de façon positive à la disponibilité en eau du sol. On peut en outre remarquer que les points correspondants au début de la deuxième saison des pluies (courbe en tireté) se situent, à réserve hydrique équivalente, à un niveau de croissance nettement supérieur à ceux de la période sèche précédente.

. Au delà de 250 mm, la liaison entre les deux paramètres devient négative, la réserve hydrique intervient en facteur limitant de la croissance.

Il est vraisemblable qu'un tel phénomène soit lié à un problème d'excès d'eau au niveau racinaire.

---

\* On justifie le choix de cette profondeur limite par le fait qu'en drainage vertical bloqué 95 à 99 % de la masse racinaire s'y cantonne (BOULET, FRITSCH, HUMBEL, 1979).

On peut alors penser que le caractère hydromorphe ou non du sol doit jouer un rôle sur la croissance des plants. Nous avons testé cette hypothèse par une approche spatiale de la croissance, basée sur la carte pédologique du bassin.

#### 4.2. Croissance en hauteur en fonction de la position sur le bassin

. Autour de chaque tube de sonde, un groupe de 10 plants, basés sur un substrat pédologique homogène, a été sélectionné. Pour chaque groupe, les croissances moyennes au cours de la saison des pluies (12 janvier au 30 juin) et au cours de la saison sèche (1er juillet au 8 décembre) ont été calculées. Les résultats sont reportés en fonction de la position des tubes sur le bassin versant (Fig. 3). Ils sont exprimés en % de la valeur maximale obtenue pour chaque saison.

. Les plants situés autour des tubes de haut de versant (G1, G2, G7) ont une croissance très supérieure à celle des plants de bas de pente (G3, G4, G5, G6). Cette discrimination est particulièrement importante au cours de la saison des pluies, période durant laquelle on peut distinguer deux populations à croissance significativement différentes.

Le profil pédologique du bassin, mis en parallèle, nous permet de constater une bonne concordance entre les limites de cette zone de plantation à faible croissance et la zone hydromorphe dont les différents horizons sont représentés en hachuré sur la figure 3.

. Dans la zone hydromorphe, la hauteur moyenne des 74 plants mesurés est de 1,00 mètre un an et demi après la plantation, soit 0,67 m/an. Elle est de 1,30 mètre pour les 77 plants de la zone non hydromorphe, soit 0,87 m/an. L'hydromorphie occasionne donc une dépréciation de la croissance d'environ 25 %. La portée de ce phénomène à l'échelle du peuplement dépendra des surfaces relatives occupées par les deux zones.

#### 5 - DISCUSSION - CONCLUSION

Le centrage de cette étude autour du facteur hydrique a été justifié par la part prépondérante que prend ce facteur dans la compréhension générale de l'écologie guyanaise.

Il est bien entendu que le critère hydrique n'explique pas tous les phénomènes de croissance observés.

Ainsi, à réserve hydrique égale, les plants ont montré un taux de croissance plus élevé dès le début de la seconde saison des pluies (Fig. 2). Il est connu que dans les premiers temps d'une plantation, la croissance s'accélère rapidement d'une année sur l'autre. Un exemple nous en est fourni par des mensurations effectuées en Nouvelle-Calédonie par COSSALTER (1981) sur des plantations de P. caribsea var. hondurensis analogues à celle décrite ici :

- . 0,74 m/an à 1 an (moyenne de 7 provenances)
- . 0,61 m/an à 2 ans (moyenne de 7 provenances)

- . 1,00 m/an à 3 ans (moyenne de 7 provenances)
- . 1,16 m/an à 5 ans (moyenne de 7 provenances).

Il est certain que l'âge doit expliquer en partie la reprise plus forte des plants après la fin de la saison sèche. Mais une stimulation de croissance due au passage sécheresse-humidité, déjà notée sur d'autres espèces (FINKELSTEIN, 1981), pourrait également intervenir.

De même, la dépréciation importante de la croissance dans la zone hydromorphe, même durant la saison sèche (Fig. 3), doit être due en partie à la fertilité chimique beaucoup plus faible en bas de versant (voir les données de BOULET, 1981).

La cartographie analytique s'est avérée un instrument intéressant pour tester l'influence d'un facteur édaphique précis (en l'occurrence ici le caractère hydromorphe ou non du sol) sur le comportement d'un végétal. Elle nous a permis de montrer que le critère drainage libre/drainage bloqué est insuffisant pour analyser les variations de croissance ou de productivité d'un peuplement puisqu'au sein même d'un type de drainage peuvent apparaître des variations importantes.

Pour notre part, nous ne disposons pas d'un témoin de croissance sur drainage libre. A titre indicatif, SARRAILH (comm. pers.) donne, en Guyane Française, comme croissance moyenne de plants d'un an de plusieurs de *P. caribaea hondurensis*, une valeur de 0,90 m/an sur sols sableux bien drainant. Ce chiffre est très proche de celui obtenu sur drainage bloqué non hydromorphe.

Mais le but principal de ce travail consistait plus en une étude de comportement qu'en l'obtention des données de performance. A ce titre, il a mis en évidence le mauvais comportement de la provenance Poptum en conditions d'alimentation hydrique excédentaire. Cette provenance est issue des moyennes montagnes de l'intérieur du Guatemala aux conditions climatiques beaucoup plus sèches que celles rencontrées en Guyane. Sa mauvaise adaptation face à une situation d'hydromorphie peut donc s'expliquer par son origine.

Il conviendra désormais de tester des provenances issues des pinèdes atlantiques aux sols beaucoup moins fertiles et généralement hydromorphes.

BIBLIOGRAPHIE

- BELIGNE V., 1979 - Croissance et productivité de Pinus caribaea en basse Côte d'Ivoire, CTFT Côte d'Ivoire.
- BOULET R., 1981 - Etude pédologique des bassins versants ECEREX. Bilan de la cartographie, Bulletin de liaison ECEREX n° 4, pp. 5-22.
- COSSALTER Ch., 1978 - Compte rendu de la mission effectuée en Amérique Centrale en mai-juin 1978, CTFT, 56 pages.
- COSSALTER Ch., 1981 - Etude de faisabilité d'un plan de reboisement : projet de reboisement en pin des Caraïbes pour la production de bois d'œuvre sur le plateau de Tango, CTFT, 111 pages.
- DE VRIES P.G. ; HILDEBRAND J.W. ; DE GRAAF N.R., 1978 - Analysis of 11 years growth of caribbean pine in a replicated greco-latin square spacing-thinning experiment in Surinam, Meded. Landbouwhogeschool Wageningen 78-17, 58 pages.
- DUCREY M., 1981 - Etude de l'humidité et de la réserve en eau des sols des bassins versants F, G et H. Bulletin de liaison ECEREX, n° 4, pp. 61-66.
- FINKELSTEIN D., 1981 - Contribution à la caractérisation écophysiological du cèdre. Etude de la croissance et des échanges gazeux, thèse de 3ème cycle, Université de Nancy I, 144 pages.
- FINKELSTEIN D., 1982 - Evolution comparée des microclimats en coupe rase, sous recru naturel et sous forêt primaire sur la parcelle Arbocel. Bulletin de liaison ECEREX n° 6, pp. 19-29.
- RAKOTOMANAMPISON A. ; VERHAEGEN D., 1980 - Essai d'introduction de résineux à Madagascar. Synthèse des résultats obtenus sur les essais installés par la D.R.F.P. depuis 1969, 58 pages.
- ROLLET B., 1980 - Jari : succès ou échec ? Un exemple de développement agro-sylvo-pastoral et industriel en Amazonie brésilienne, Bois et Forêts des Tropiques, n° 192, pp. 3-34.

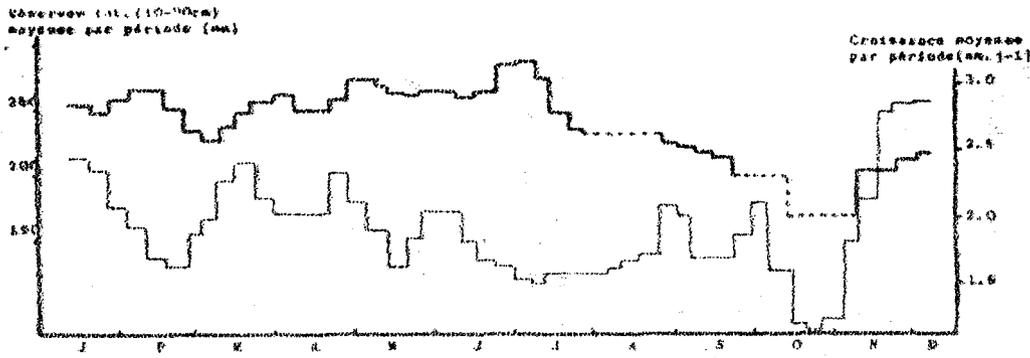


Figure 1. Evolution saisonnière comparée des réserves hydriques du sol et de la croissance en hauteur (moyennes du bassin) durant l'année 1982.

Les réserves sont en traits gras, la croissance en traits fins.

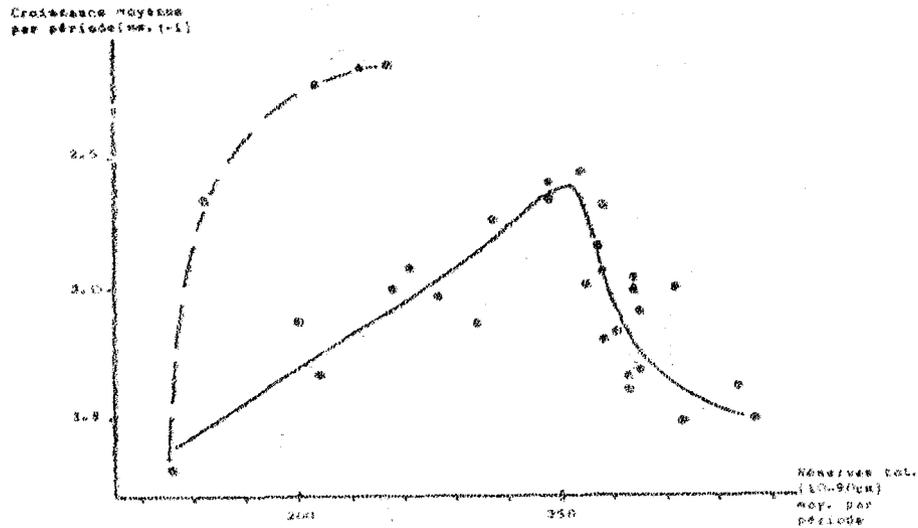


Figure 2. Relation entre réserve hydrique moyenne et croissance en hauteur moyenne pour chaque période séparant deux mesures.

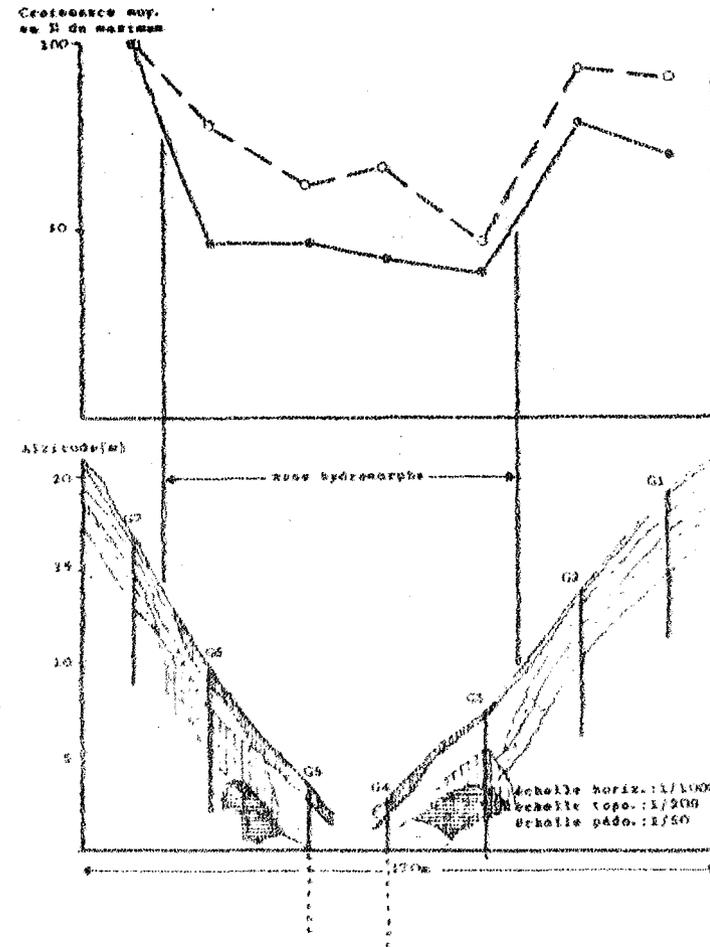


Figure 3. Relation entre croissance en hauteur et position sur le bassin versant. Les zones hachurées correspondent aux horizons à forte tendance hydromorphe. Le déversoir du bassin est pris comme altitude 0.

PREMIERE CONTRIBUTION A L'ETUDE DES INTERACTIONS

SOL -- VEGETATION SUR LES BASSINS VERSANTS G (PINS)  
ET H (EUCALYPTUS) DU DISPOSITIF ECEREX

--o--

H. AYPHASSORHO

CTFT

-||--||--||--||--||

INTRODUCTION

Les cartes des pages 8 et 9 donnent le plan des deux bassins versants et les directions des lignes de plantation.

Le bassin G a une surface de 1,5 hectare et a été planté en *Pinus caribea* variété hondurensis (provenances mélangées) à la fin du mois de mai 1981.

Le bassin H a une surface de 1,00 hectare et a été planté en *Eucalyptus urophylla* provenance flores à la mi-mars 1982.

Ces cartes donnent également un bref aperçu des données pédologiques extraites des cartes pédologiques dressées par M. BOULET (ORSTOM).

Les deux bassins sont situés sur sol à drainage vertical bloqué.

Le but de ce travail est d'apprécier la nature des relations entre le sol et la croissance des arbres dans le jeune âge.

1 - INVENTAIRE DES DEUX BASSINS

Les cartes des pages 10 et 11 donnent les résultats d'un inventaire en plein effectué en février 1983 pour les données de hauteur.

Les données de circonférence à 1,30 mètre ont également été cartographiées mais ne sont pas présentées ici car elles présentent une bonne corrélation avec les données de hauteur.

Un zonage suffisamment précis a pu être fait par classement en fonction de la valeur du caractère mesuré (hauteur). Il correspond à un zonage de la vigueur du peuplement.

Les données statistiques s'établissent comme suit :

. Bassin G Pins :

124 individus morts ou non plantés,  
1585 individus mesurés,  
Hauteur moyenne : 1,54 m ; Ecart-type : 0,52 m.

. Bassin H Eucalyptus :

41 individus morts ou non plantés,  
914 individus mesurés,  
Hauteur moyenne : 2,39 m ; Ecart-type : 0,96 m.

2 - COMPARAISON AVEC D'AUTRES DONNEES DE CROISSANCE

Il peut être intéressant de comparer les résultats obtenus sur sol à drainage bloqué des bassins versants G et H avec des croissances observées en Guyane sur sol à drainage vertical libre.

De telles données existent sur la situation CTFT de Paracou, située au sud-ouest de Sinnamary, sur sol à drainage vertical libre.

	BASSIN G (DVB)	STATION PARACOU (DVL)
Hauteur moyenne à 1,15 ans de Pins caribea hondurensis	1,54 m	1,70 m

	BASSIN H (DVB)	STATION PARACOU (DVL)
Hauteur moyenne à 11 mois d'Eucalyptus urophylla p. flores	2,39 m	3,34 m

On constate que dans les deux cas la croissance s'avère meilleure sur sol à drainage vertical libre.

Avec les Pins la différence de hauteur est faible (10 %) alors qu'elle est forte avec les Eucalyptus (40 %).

On peut penser que ceci traduit le fait que les Pins des caraïbes supportent mieux que les Eucalyptus des conditions d'engorgement en eau modéré du sol.

### 3 - TENTATIVE D'EXPLICATION DE LA CROISSANCE

A l'échelle de l'hectare à laquelle nous nous plaçons, il semble que seul le facteur sol puisse induire les différences de croissance observées au niveau du bassin versant.

Il convient donc tout d'abord de comparer les cartes pédologiques dressées avant défrichage (p. 8 et 9) aux cartes des peuplements (p. 10 et 11).

#### 1. Influence de la pédologie avant défrichage

Seuls deux éléments pédologiques ont été pris en compte :

- . Apparition de l'hydromorphie dans l'horizon humifère,
- . Présence d'une nappe phréatique remontant jusqu'en surface pendant la saison des pluies.

##### 1.1. Bassin G : Pins (Cartes p. 8 et 10)

On relève quelques concordances entre les zones de croissance les plus vigoureuses et les zones exemptes d'hydromorphie, notamment au centre du bassin.

La concordance est moins bonne vers l'ouest du bassin et même mauvaise vers le Nord-Est.

De plus les zones de croissance très mauvaises ne paraissent pas trouver d'explication pédologique.

Il semble donc qu'un autre élément entre en jeu.

##### 1.2. Bassin H : Eucalyptus (Cartes p. 9 et 11)

Le même type de concordances est relevé sur ce bassin.

En particulier, la zone profonde du Thalweg, à hydromorphie marquée, correspond assez nettement à une zone de croissance faible.

La concordance est bonne vers l'est du bassin, par contre elle l'est beaucoup moins vers l'ouest.

Il semble donc qu'ici aussi il faille faire intervenir un facteur explicatif supplémentaire.

Il est apparu sur le terrain que le travail des engins au défrichage avait considérablement modifié les horizons superficiels du sol, que ce soit par tassement, par décapage ou par accumulation d'andains (avec brûlis ultérieur).

Il a par conséquent paru utile de cartographier ces altérations.

## 2. Influence de l'altération mécanique du sol lors du défrichage

La localisation des zones d'accumulation et d'andainage a été facile. Par contre les zones de décapage étaient dans certains cas moins visibles (observation des ravines, ...).

### 2.1. Bassin G : Pins

L'altération des couches superficielles ayant été forte et les traces en étant encore bien visibles, il a été aisé de dresser une carte de l'altération du sol (voir p. 12).

Elle présente de nombreuses concordances avec la carte du peuplement.

On constate que les zones d'accumulation d'andain correspondent à des zones de croissance forte à assez forte avec une bonne précision.

On constate également que les zones de très faible croissance se superposent bien à des zones de décapage.

### 2.2. Bassin H : Eucalyptus

Pour ce bassin les traces d'andains étaient beaucoup plus discrètes que précédemment mais néanmoins visibles.

Par contre les traces de décapage l'étaient moins et il a fallu avoir recours à une étude plus approfondie :

\* On peut avoir une information très précise sur le décapage du sol en observant la profondeur d'un horizon argileux rouge facilement identifiable.

La profondeur de cet horizon doit, en l'absence de décapage, être constante tout le long de la pente.

Toute diminution de profondeur peut donc être imputée à un décapage.

Deux transects ont été effectués à la manière des études pédologiques en relevant la profondeur de cet horizon tous les 3 mètres.

Les résultats figurent sur la carte de la page 13. Ils prouvent l'existence d'un décapage important à mi-pente à l'ouest du bassin H.

La zone de croissance anormalement faible observée à cet endroit se trouve ainsi mieux expliquée.

### 3. Etudes d'enracinement

Afin de mieux comprendre le rôle du sol sur la végétation, des études d'enracinement ont été entreprises. Elles ont permis, notamment sur le bassin G (Pins) de clarifier les phénomènes racinaires au niveau de l'andain (voir p. 14).

L'enracinement est nettement plus puissant en direction de l'andain, l'observation d'un témoin (placé dans les mêmes conditions de pente mais sans andain) permettant d'attribuer cet effet à la présence d'andain et non à la pente.

### 4 - CONCLUSIONS

Les résultats de l'inventaire des bassins G (Pins à 1,75 an) et H (Eucalyptus à 11 mois) permettent de cartographier des zones de croissance plus ou moins forte.

La confrontation avec les données pédologiques montre que la croissance décroît avec l'hydromorphie du sol. Néanmoins, la concordance n'est pas toujours très bonne et l'étude de l'altération mécanique du sol au défrichement prouve la forte influence des zones d'andain et des zones de décapage sur la croissance en hauteur des Pins et des Eucalyptus.

Les sols à drainage vertical bloqué étant par essence très fragiles, l'action traumatique des engins de défrichement sur ces sols prend une importance considérable et méritera d'être mieux prise en compte dans les études.

Les résultats obtenus prouvent qu'il est important de se pencher sur des nouvelles techniques de défrichement pour les bassins versants à forte pente et à sol à drainage vertical bloqué.

Les mesures seront poursuivies régulièrement sur ces deux bassins afin d'évaluer la permanence de l'effet de l'altération du sol sur la croissance des arbres.

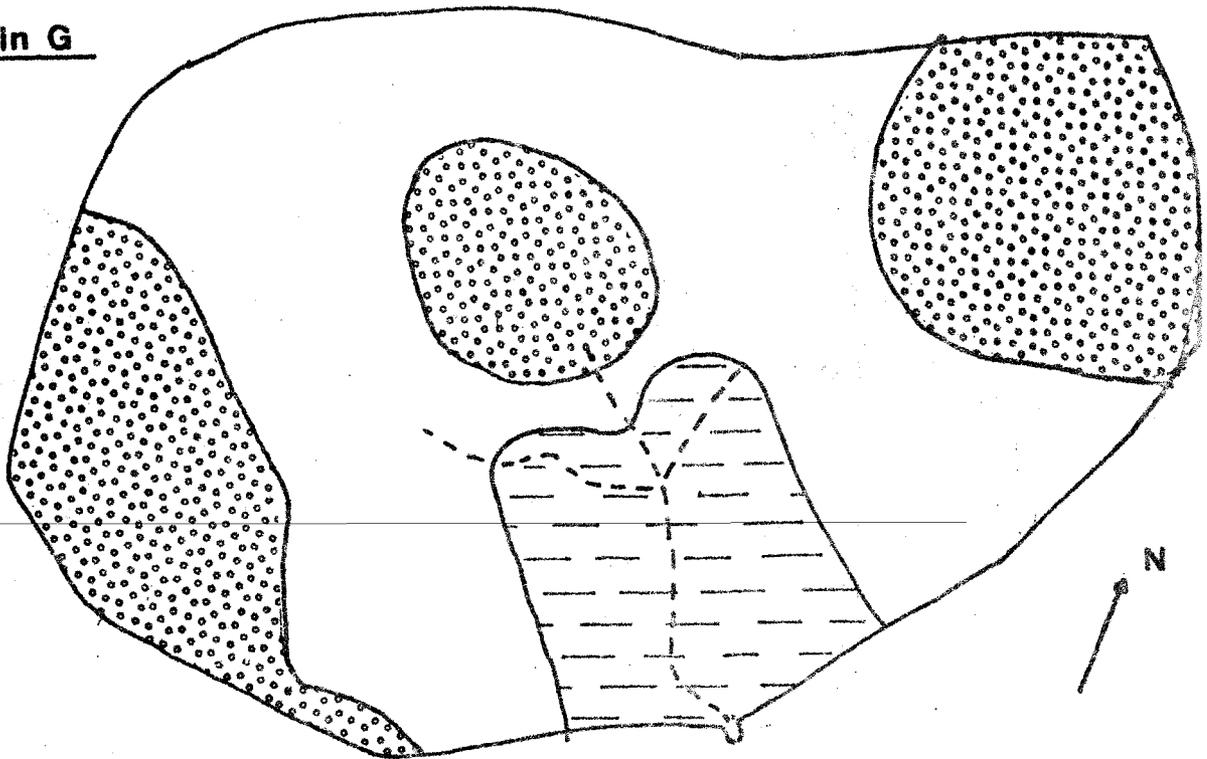
Il semble que si ces problèmes d'altération du sol au défrichement étaient résolus, la croissance des Eucalyptus et surtout des Pins sur ces bassins versants à drainage bloqué soit honorable dans les premières années.

BIBLIOGRAPHIE

- BELIGNE V., 1979 - Croissance et productivité de *Pinus caribaea* en Basse Côte d'Ivoire. - CTFT
- BOULET R., 1981 - Etude pédologique des bassins versants ECEREX. Bilan de la cartographie. In Bulletin de liaison ECEREX n° 4.
- COSSALTER C., 1981 - Etude de faisabilité d'un projet de reboisement en pin des caraïbes pour la production de bois d'œuvre sur le plateau du Tango. - CTFT
- COSSALTER C., 1978 - Compte rendu de la mission effectuée en Amérique Centrale en mai-juin 1978. Récolte de graines de pins. - CTFT
- CTFT, 1966 - Les plantations de pins à Madagascar et au Cameroun.
- CTFT, CONGO 1976 GROULEZ-QUILLET - Peuplements d'Eucalyptus et de résineux tropicaux au CONGO-BRAZZAVILLE.
- CTFT, CAMEROUN-SRFE, 1982 DUPUY B. - Résultats des expérimentations sur quelques espèces à croissance rapide dans la région d'Edea.
- DE VRIES, HILDEBRAND, DE GRAAF, 1978 - Analysis of 11 year's growth of caribbean pine in a replicated graeco-latin square spacing thinning experiment in Surinam.
- PETROV I., 1971 - Les plantations de *Pinus caribaea* Morelet en Guyane Française. - RFF XXIII - ONF
- RODRIGUEZ GALINDO, CARRERO, 1976 - Plantaciones de Pino caribe en chaguaramas. Ministerio de agricultura y cria. Venezuela.
- FAO, 1982 - Les Eucalyptus dans les reboisements.
- WENCELIUS F., 1981 - *Eucalyptus urophylla* en Côte d'Ivoire. - CTFT

Carte pédologique "simplifiée"

Bassin G



nappe phréatique - Remontant en surface en saison des pluies -

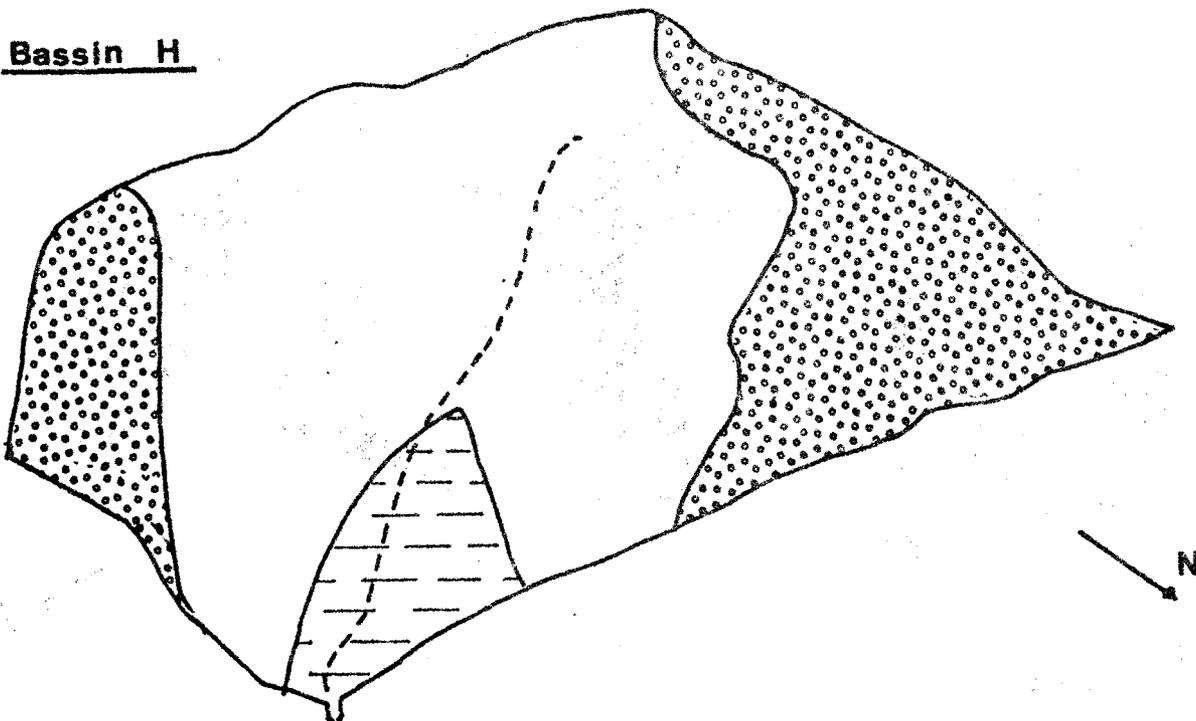


hydromorphe - dans l'horizon humifère -

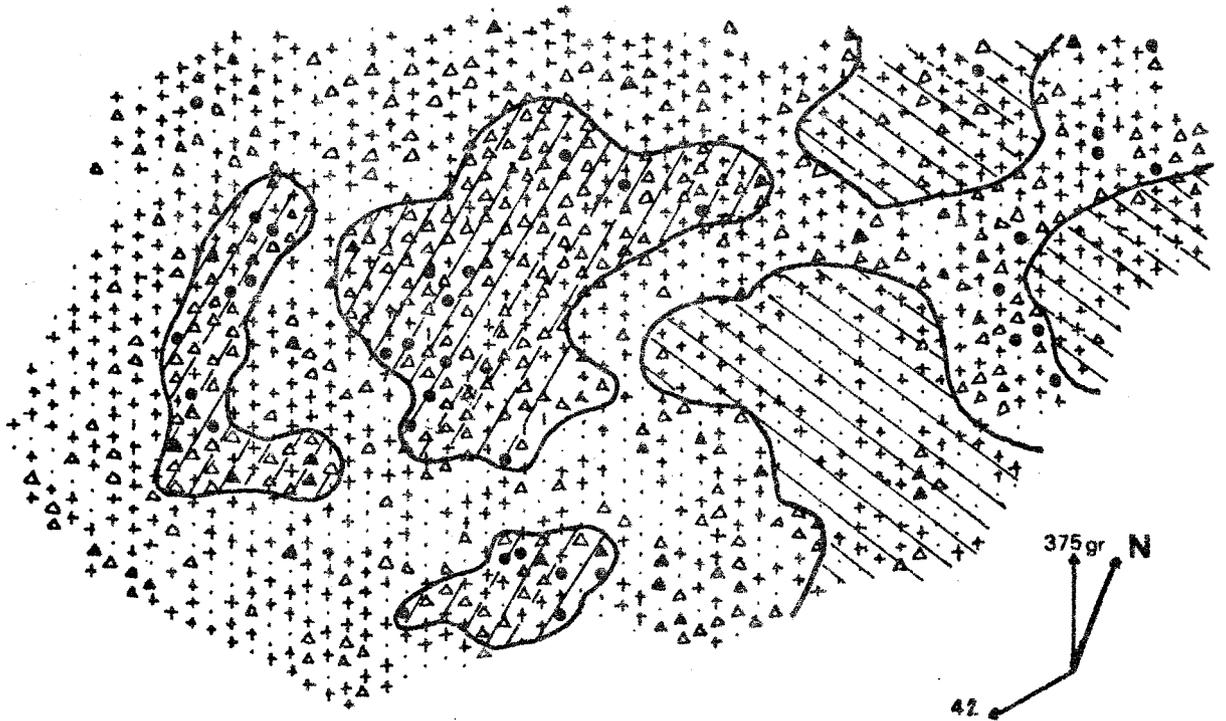


pas d' ..

Bassin H

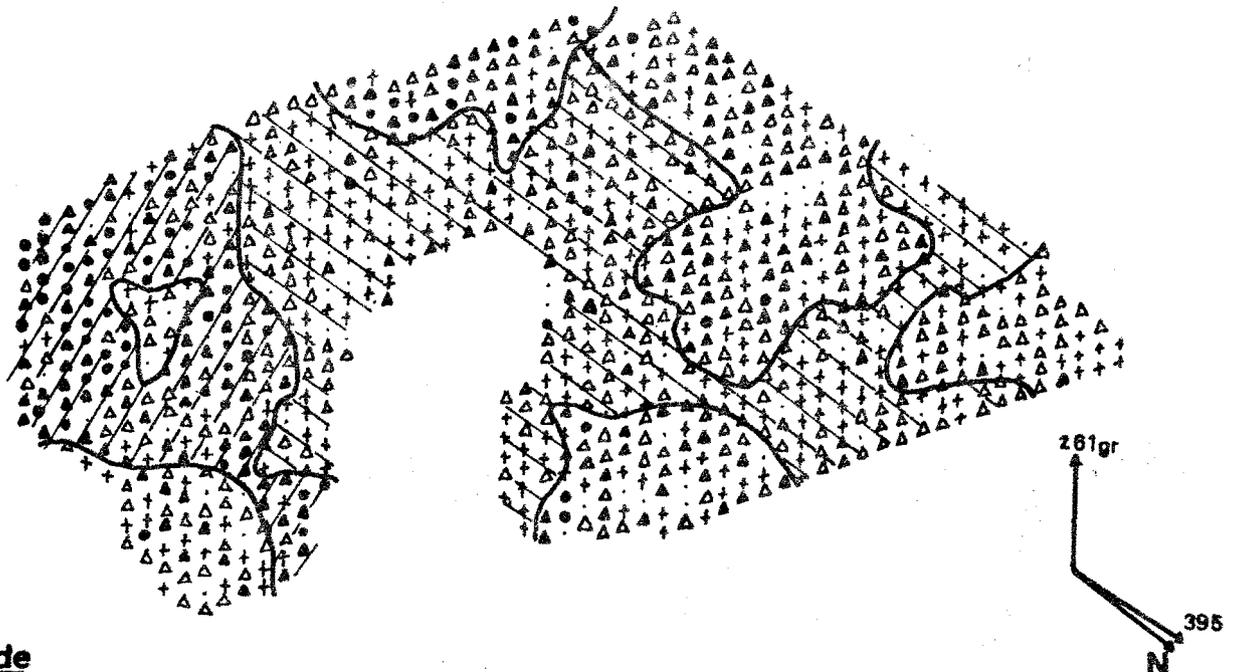


**Bassin G : Carte des hauteurs du peuplement**



- Zones à forte croissance
- " faible "
- " Intermédiaire "

**Bassin H**



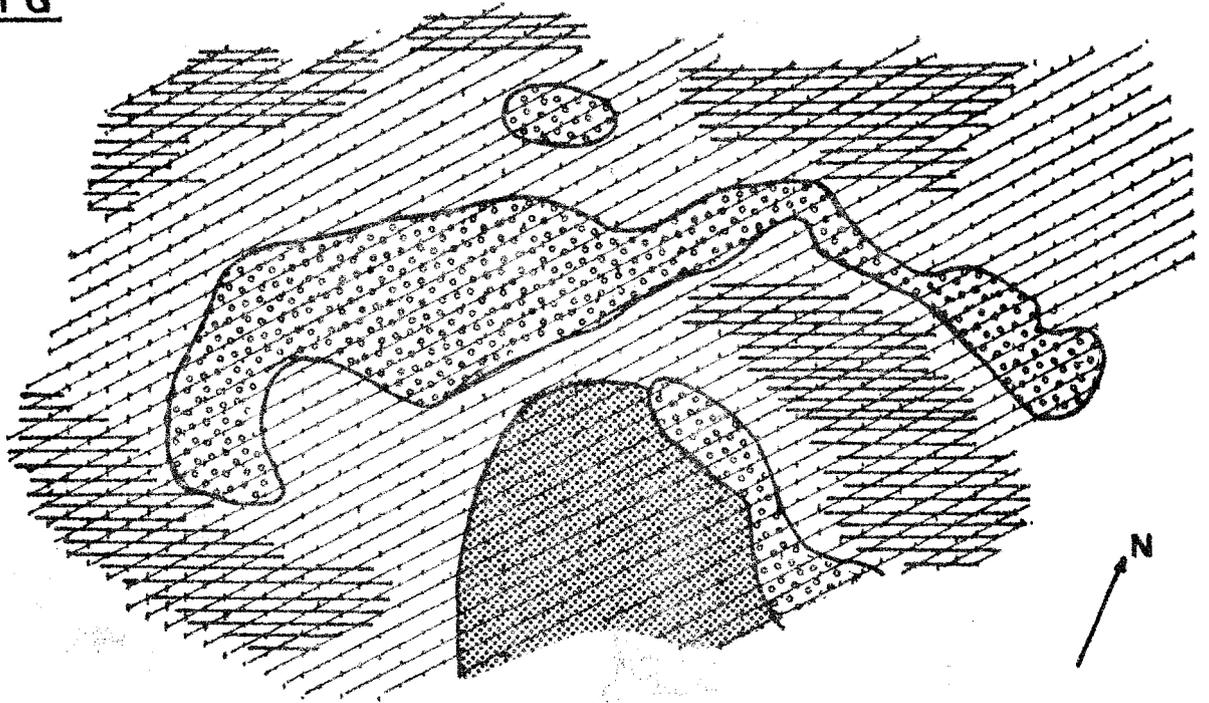
**Legende**

- Bassin G**
- $H > 270$  cm
  - ▲  $230 < H < 270$
  - △  $180 < H < 230$
  - +  $110 < H < 180$
  - $110 > H$

- Bassin H**
- $H \geq 4$  m
  - ▲  $4 > H >$
  - △  $3 > H >$
  - +  $2 > H >$
  - $1 > H$

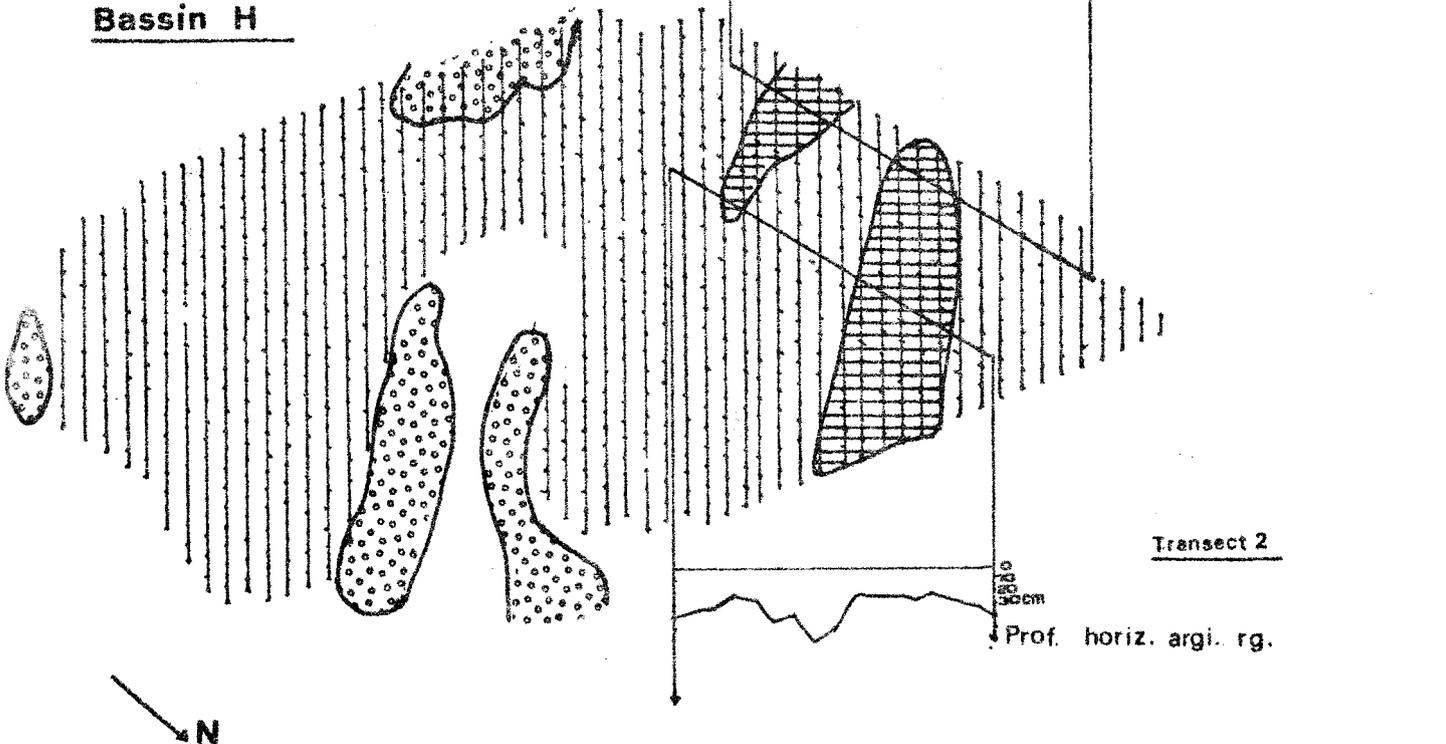
Carte d'altération mécanique des sols

Bassin G

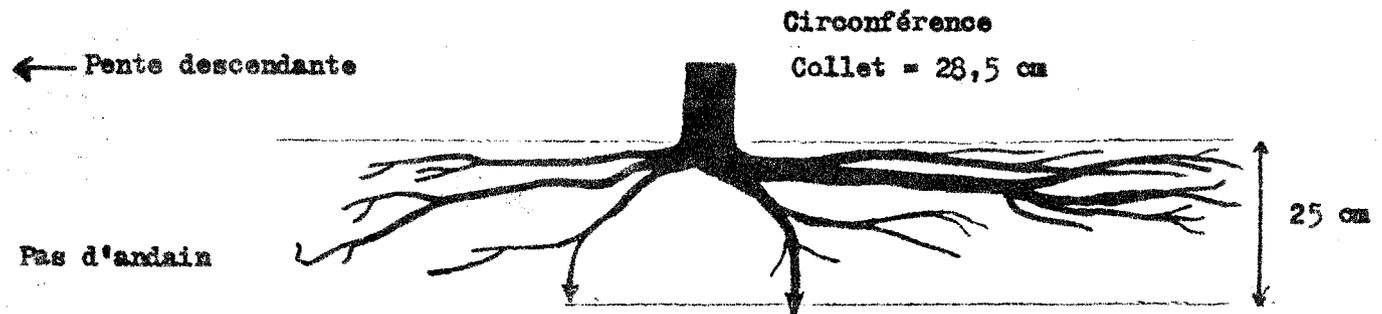
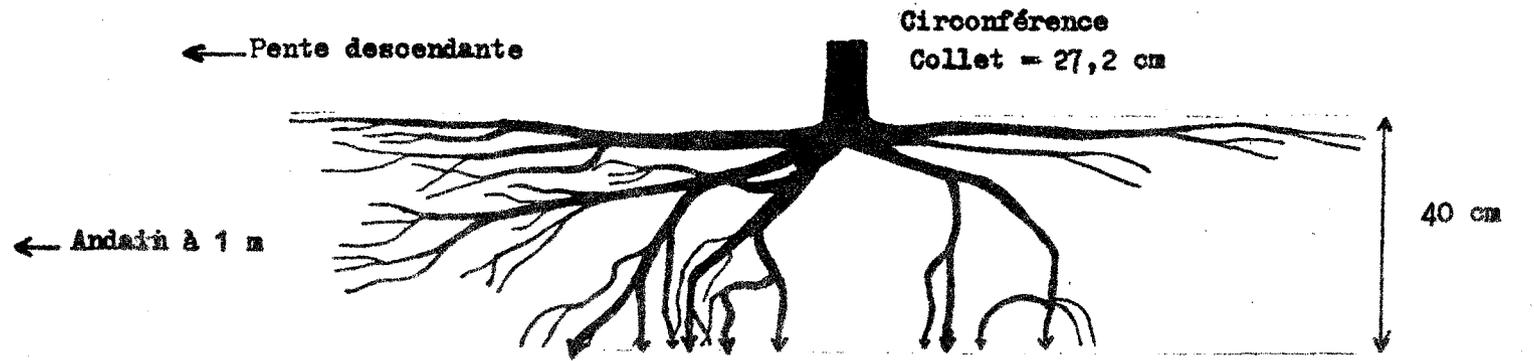


-  Zones d'andains brûlés
-  " de souches brûlées en place
-  " de décapage

Bassin H



Bassin G. Etudes d'enracinement sur Pin



## DISCUSSION

Après les exposés peut-on dégager des normes, des conseils, pour la mise en valeur de ce type de bassin versant et commencer à réfléchir sur l'élaboration d'un système agraire en fonction des possibilités qui ont été testées sur ces dix bassins versants ?

Quelle serait l'influence de la mise en herbe des bassins en même temps ou avant la plantation des pins ou des eucalyptus ? Sur la productivité des arbres, sur l'écoulement, sur l'érosion ? (GODON)

Kilian fait une remarque à propos des relations entre hydromorphie et croissance des pins (bassin H.). Contrairement à la conclusion de l'auteur il ne paraît pas évident qu'il y ait concordance entre absence d'hydromorphie et croissance des pins. La visite sur le terrain semblait montrer une dynamique de l'engorgement par circulation des eaux notamment, influençant la croissance des pins. L'étude semble encore trop récente pour pouvoir préciser les régimes d'engorgement ou de dessiccation.

- BOULET note cependant un certain parallélisme entre zones de croissance et courbes d'isodifférenciation ; avec un petit décalage cependant.

- L'effet de la fertilisation de départ ne se fait-il pas sentir dans l'étude de la croissance ? Il est nécessaire de prolonger l'étude jusqu'à ce que cet effet devienne fugace. De plus les pins plantés ne sont pas tous de même origine (plusieurs variétés). Cela peut limiter l'étude. (BAILLY).

- Il doit aussi y avoir une influence des trous de plantation. Le pédoclimat (régime hydrique) est modifié par les trous ; il faut attendre plusieurs années pour que le régime initial se rétablisse et pour apprécier les conditions de croissance en fonction des conditions du milieu.

- Les résultats de FINKELSTEIN ont l'avantage d'être très fins et de mettre en évidence une action du régime hydrique. L'effet de l'hydromorphie n'est peut être pas apprécié complètement, mais il est cependant significatif.

Pour répondre à une question sur la concurrence éventuelle avec l'implantation de graminées, les observations faites sur le bassin I, ont montré que sur sol nu il y avait un dessèchement nettement moins important, lié à la seule évaporation physique (faible conductivité ne remontant pas l'eau du fond.). En saison sèche on aurait donc une concurrence forte pour l'eau entre graminées et plantes. (GUEHL)

- BAILLY signale que dans tous les sites la concurrence des graminées est très forte vis à vis de l'Eucalyptus dans les plantations forestières. C'est un phénomène très connu. Le pin y est moins sensible.

BIODEGRADATION DE LA MATIERE ORGANIQUE DU SOL EN FORET DENSE  
ET DANS LE RECRU NATUREL EN GUYANE FRANCAISE

-o-

BETSCH J.M., KILBERTUS G., BETSCH-PINOT M.C., COUTEAUX M.M.

PROTH J., SCHWARTZ R., VANNIER G. et VERDIER B.

-{}--{}--{}--{}--

Les processus de biodégradation de la matière organique dans le sol sont un aspect essentiel du fonctionnement d'un écosystème : c'est grâce à eux que sont assurées la décomposition de la matière organique morte (feuilles, inflorescences, fruits, bois, cadavres, feces, matières sèches des pluviollessivats) qui arrive au sol sous forme de molécules plus ou moins complexes et la minéralisation des éléments nécessaires à la croissance des végétaux. Ce phénomène concerne une biomasse considérable puisque sur le site ECEREX, la production de litière est de l'ordre de 8t/ha/an à laquelle il faut ajouter une tonne correspondant à la biomasse des décomposeurs produite annuellement et la matière sèche provenant des pluviollessivats. Un recyclage optimal de la litière au sens large conditionne de ce fait une productivité primaire optimale.

La biodégradation de la matière organique fait intervenir une chaîne trophique où les actions des décomposeurs, de la méso- et microfaune aux bactéries et aux champignons, sont fortement intriquées. Ces actions connaissent des synergies et des antagonismes dues à des facteurs externes (donc une influence du biotope) et à des facteurs internes au peuplements. Un mauvais fonctionnement de cette chaîne trophique, sous l'action de facteurs limitants, compromet toute chance d'une productivité primaire satisfaisante.

Il n'est pratiquement plus envisageable, du moins dans notre esprit, de dissocier les études sur la microfaune, la microflore, leurs interactions, lorsqu'il s'agit de comprendre le fonctionnement du compartiment sol ou d'en tester l'activité.

Mais les contraintes imposées par les techniques d'étude ne permettent pas de suivre toutes les situations pour l'ensemble des composants de la chaîne des décomposeurs. Les résultats obtenus par toutes les disciplines dans un nombre relativement restreint de situations permettent tout de même d'interpréter de manière satisfaisante les données obtenues sur quelques groupes où les contraintes techniques plus réduites autorisent un suivi très large des diverses situations du programme ECEREX.

De même il n'est pas possible d'effectuer des comparaisons valables entre toutes les situations étant donné que les biotopes et les systèmes de production après aménagement sont parfois fondamentalement différents :

Le pâturage par exemple est un milieu découvert, contrairement au biotope ligneux, mais sa production est régulièrement ingérée par des animaux qui l'exportent en partie, alors qu'une forêt ou un recru naturel recycle l'ensemble de sa production ; de ce fait, les données quantitatives concernant la biomasse des décomposeurs ne peuvent être valablement comparées.

Les travaux relatifs à la biodégradation de la matière organique dans le sol concernent :

- . Les variations des paramètres dans le sol (taux de matière organique, rétention hydrique) ;
- . Les peuplements de méso- et microfaune (microarthropodes et protozoaires) ;
- . Les peuplements de microflore (bactéries, champignons) ;
- . Les interactions microfaune - microflore ;
- . Les tests d'activité : cellulolyse, lignilolyse, chitinolyse, ... soit d'une manière globale, soit sur une fraction précise de la litière ;
- . Des tests d'activité respiratoire indiquant les activités globales potentielles.

PUBLICATIONS "BIODEGRADATION DE LA MATIERE ORGANIQUE DU SOL EN FORET DENSE ET DANS LE RECRU NATUREL EN GUYANE FRANCAISE

- BETSCH J.-M., KILBERTUS G., PROTH J., BETSCH-PINOT M.-C., COUTEAUX M.-M., VANNIER G. & VERDIER B., - 1980. - Effets à court terme de la déforestation à grande échelle de la forêt dense humide en Guyane française sur la microfaune et la microflore du sol. Proc. VII. Intern Coll. Soil Zool., EPA - 560/ 13-80-038, DINDAL D. Ed. Washington : 472-490.
- BETSCH J.-M., BETSCH-PINOT M.-C. & MIKHALEVITCH Y., 1981. - Evolution des peuplements de microarthropodes du sol en fonction des traitements subis par une forêt dense humide en Guyane française. Acta Oecologica, Oecol. Gener., 2 : 245-263.
- BETSCH J.-M. & BETSCH-PINOT M.-C., 1983. - Recolonisation d'une coupe papetière par les microarthropodes du sol, en particulier les Collemboles, en forêt dense humide subéquatoriale (Guyane française). Proc. VIII Intern. Coll. Soil Zoology, LEBRUN et coll. Ed. (sous presse, 14 pp).
- COUTEAUX M.-M., 1979. - L'effet de la déforestation sur le peuplement théca-moebien en Guyane française : étude préliminaire. Rev. Ecol. Biol. Sol, 16 : 403-413.
- COUTEAUX M.-M., 1981. - Effet de la déforestation sur les Protozoaires du sol en Guyane française. Bull. ECEREX 5 : 46-51.
- KIFFER E., PUIG H. & KILBERTUS G., 1981. - Biodégradation des feuilles d'Eperua falcata Aubl. en forêt tropicale humide (Guyane française). Rev. Ecol. Biol. Sol, 18 : 135-157.
- KILBERTUS G., 1979. - Microbiologie du sol en Guyane française. Univ. Nancy I : 1-53.
- KILBERTUS G. & PROTH J., 1978. - Différences microbiologiques et ultrastructure entre trois sols de la Guyane française. Influence du couvert forestier. C.R. 103° Congrès Nat. Soc. Sav., I : 331-345.
- KILBERTUS G., MOUREY A., SCHWARTZ R. & PREVOST M.-F., 1981. - Activités biologiques dans les sols tropicaux (Guyane française). - I. Influence du déboisement sur la microflore tellurique, étude préliminaire. Bull. ECEREX 5 : 7-20 et Bull. Acad. Soc. Lorr. Sci. 117-130.

- KILBERTUS G., KIFFER E. & JOLY C., 1980. - Biological activities in tropical soils (Frznych guiana). II. Chitinolysis. J. Gen. Microbiol.
- KILBERTUS G., KIFFER E., MANGENOT F. & ARNOULD M.-F., 1980. - Activités biologiques dans les osls tropicaux (Guyane française et République de Côte d'Ivoire). III. Décomposition des tissus lignifiés. Bois et Forêts des Tropiques, 190 : 3-15.
- KILBERTUS G. & SCHWARTZ R., 1981. - Influence de la déforestation sur l'activité biologique des sols tropicaux. Bull. ECEREX 5 : 22-25.
- KILBERTUS G., ROHR R. & SCHWARTZ R. - Les pluviollessivats de la forêt tropicale humide (Guyane française). Variations saisonnières qualitatives et quantitatives des éléments figurés. (sous presse).
- KILBERTUS G. & VANNIER G. - Influence du fractionnement des feuilles d'Eperua falcata sur sa recolonisation par les animaux et les microorganismes du sol en forêt tropicale humide (sous presse).
- MAURY G., BETSCH J.-M. & BETSCH-PINOT M.-C. - Dynamiques comparées de la végétation et de la pédofaune dans un recrû en zone forestière tropicale (Guyane française). Mém. Mus. nat. Hist. nat. Paris 1983 (sous presse).

NOTE : Parmi les articles publiés dans les Bulletins ECEREX 1, 2 et 5, seuls ceux cités ici constituent la synthèse la plus récente sur le sujet.

DISCUSSION :

Peut-on se faire une idée de l'exportation minérale ou organique hors du bassin versant ? (GODON)

Les minéraux n'ont pas été lessivés. Ils sont recyclés dans un fonctionnement normal de chaîne trophique. La matière végétale tombe au sol et est décomposée (animaux du sol, microflore...) donnant des éléments minéraux allant aux racines.

Dans le cas d'un défrichement au bulldozer cette matière végétale a été mécaniquement poussée ailleurs. (BETSCH).

RECOLONISATION D'UNE COUPE PAPETIERE PAR LES MICROARTHROPODES DU SOL,  
EN PARTICULIER LES COLLEMBOLLES, EN FORET DENSE HUMIDE GUYANAISE.

RESTAURATION DES SOLS PROFONDEMENT MODIFIES

-o-

BETSCH J.M. & BETSCH-PINOT M.C.

Laboratoire d'Ecologie Générale du Muséum National d'Histoire Naturelle

F 91800 - BRUNOY

-{--}{--}{--}{--}

NOTE : Il s'agit de deux parties d'articles actuellement sous presse :

- . BETSCH & BETSCH-PINOT 1983 Proc. VIII Intern. Coll. Soil Zool.
- . MAURY, BETSCH & BETSCH-PINOT Mém. Mus. natn. Hist. Nat. Paris.

Les résultats exposés ici concernent le transect stationnel T1 sur sols à dynamique de l'eau superficielle et latérale de la parcelle ARBOCEL (cf. notes ci-dessus) pour les 4 stations suivantes :

- . T1 - 50 : forêt-témoin,
- . T1 + 50 NB : défrichement non brûlé,
- . T1 + 50 B : défrichement fortement brûlé,
- . T1 + 300 B : défrichement superficiellement brûlé.

STRUCTURE ET EVOLUTION DU PEUPEMENT DE COLLEMBOLLES

Les résultats concernant la diversité de groupes peuvent s'interpréter ainsi :

- . Forêt-témoin : le niveau d'organisation du peuplement montre une concordance assez régulière entre les différents niveaux du profil litière-sol.
- . Défrichement non brûlé : la litière et le sol évoluent indépendamment l'un de l'autre. La litière réagit très fortement à l'alternance des saisons avec une atténuation croissante de la hiérarchisation en saison sèche ; mais l'ensemble du sol a évolué jusqu'en 1980 indépendamment du rythme des saisons.

- . Défrichement superficiellement brûlé : on y trouve une courbe typique de série alternante régressive initiale jusqu'en 1979 S où les réserves du sol s'épuisaient puis, dès la première chute de litière suffisante pour former un tapis continu en 80 P, de série alternante progressive. La chute de litière provenant du recrû a modifié très rapidement la dynamique du peuplement de l'ensemble du profil.
- . Défrichement fortement brûlé : il n'a pas connu de recrû proprement dit. Toutes les modifications qui l'intéressent sont dues au fait qu'il est entouré par le défrichement non brûlé déjà évoqué dont la litière recouvre progressivement les marges.

Sur les 4 points échantillonnés le long d'un transect stationnel, le point 2 n'est pas recouvert et reste le témoin de cette situation ; les points 1 et 4 étaient recouverts de litière dès 1980 P : en 1, sous la litière de vismia guyanensis, le sol présente une matière organique presque entièrement liée aux argiles alors qu'en 4, sous Cecropia et Vismia latifolia, la proportion de matière végétale figurée est beaucoup plus importante et la rétention de l'eau y est nettement plus forte ; le point 3 était recouvert de litière en 1981 P.

- . En 2, témoin du défrichement fortement brûlé, la diversité de groupes de Collemboles est toujours faible ;
- . En 4, la diversité s'est élevée de 80 P à 81 P. Des germinations commencent à intervenir en 81 P, ce qu'on peut mettre en corrélation avec une humidité actuelle du sol importante, surtout en H1, et un peuplement de Collemboles à équiartition assez élevée ;
- . En 3, le recouvrement récent par la litière amène les différents horizons du profil édaphique à des niveaux d'organisation du peuplement très comparables à ceux obtenus en 4 en 80 P ;
- . En 1, l'équiartition dans la litière s'est sensiblement abaissée de 80 P à 81 P, mais celle du sol et de l'ensemble du profil atteint des valeurs importantes. Il n'y a pas encore de germination, ce qu'on peut rapprocher du fait que l'humidité actuelle du sol n'arrive pas à s'élever suffisamment.

#### BIOMASSE DES MICROARTHROPODES DU SOL

- La forêt-témoin présente une biomasse de microarthropodes évaluée à environ 150 kg/ha en saison sèche et à 200kg/ha en saison des pluies en moyenne.

- Le défrichement non brûlé, après un fléchissement initial, voit sa biomasse de microarthropodes dépasser celle de la forêt-témoin.

- Le défrichement superficiellement brûlé, après une phase initiale médiocre (1977-1979 ; 10 % de la biomasse du témoin), a connu une remontée à 50 % dès la première chute consécutive de litière provenant du recrû.

- Les 4 situations du défrichement fortement brûlé ont présenté les évolutions suivantes :

- . Dans le témoin de cette situation (2), la biomasse de microarthropodes reste à un niveau extrêmement bas ;
- . La zone marginale recouverte dès 1980 P par la litière de Vismia seul (1) voit la biomasse de microarthropodes remonter immédiatement à 60 % (1980) puis à 80 % (1981) de celle du témoin ;
- . La zone marginale recouverte dès 1980 par la litière de Crecoxia et accessoirement de Vismia (4) présente une remontée de la biomasse des microarthropodes à 60 % (1980) puis à 160 % (1981) de celle du témoin ;
- . Enfin, la zone recouverte en 1981 par la litière de Crecoxia et accessoirement de Vismia (3) remonte immédiatement à environ 70 % de la biomasse de microarthropodes du témoin.

#### DISCUSSION

On peut dégager les faits suivants :

- La litière est le moteur de l'évolution favorable d'un sol ; son effet se fait sentir presque immédiatement après le premier apport conséquent, d'autant plus qu'il s'agit d'un milieu neuf qui attire particulièrement les décomposeurs (cf. KILBERTUS & VANNIER, 1983).

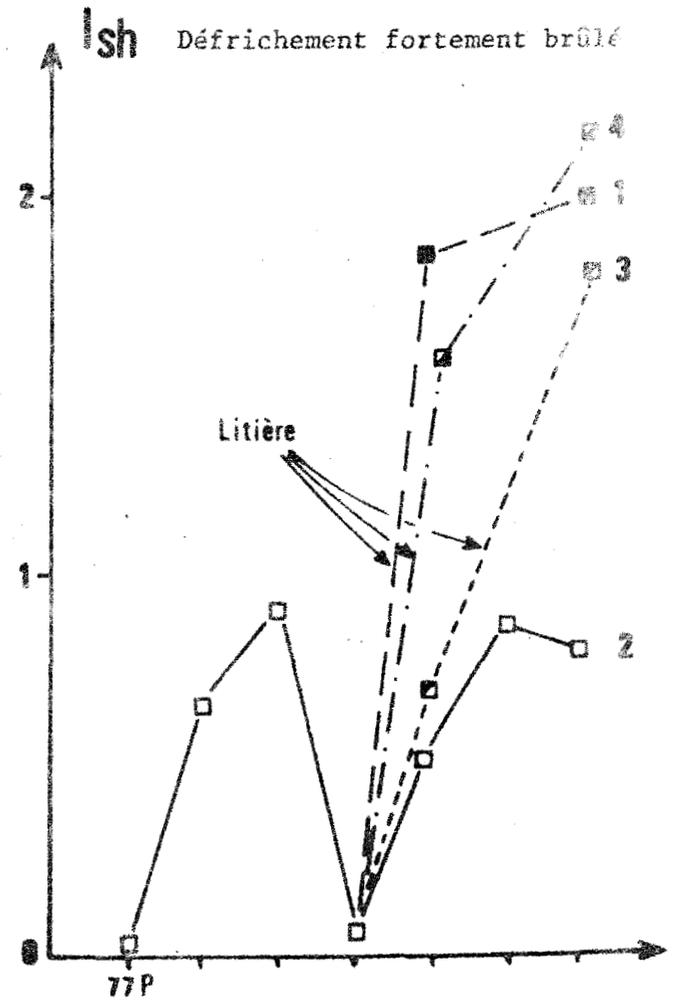
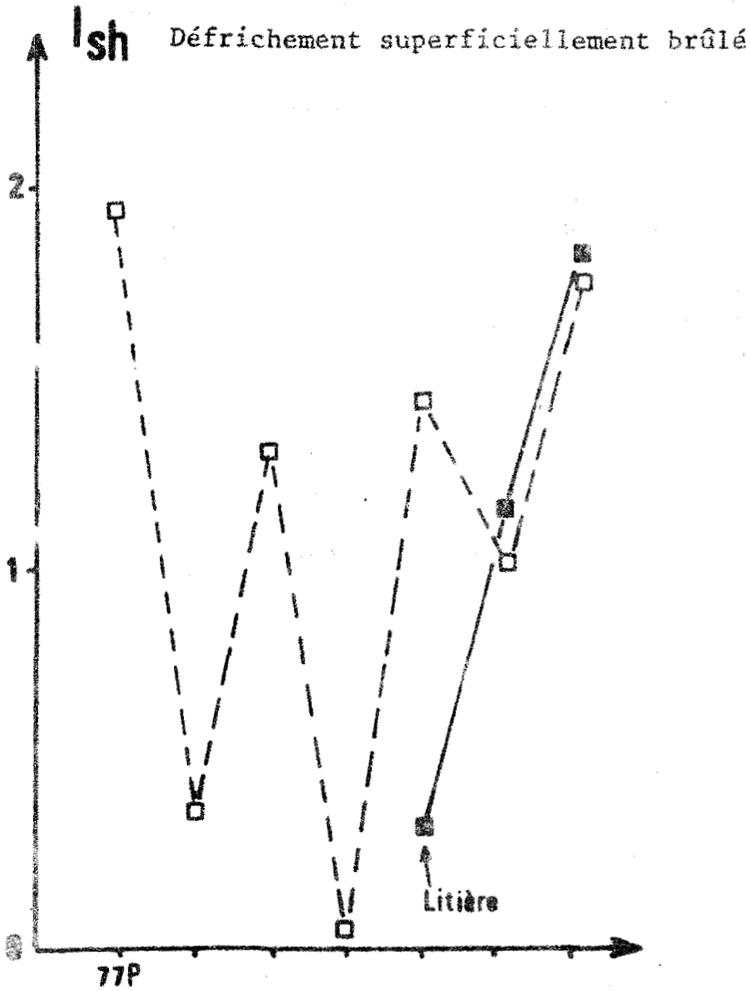
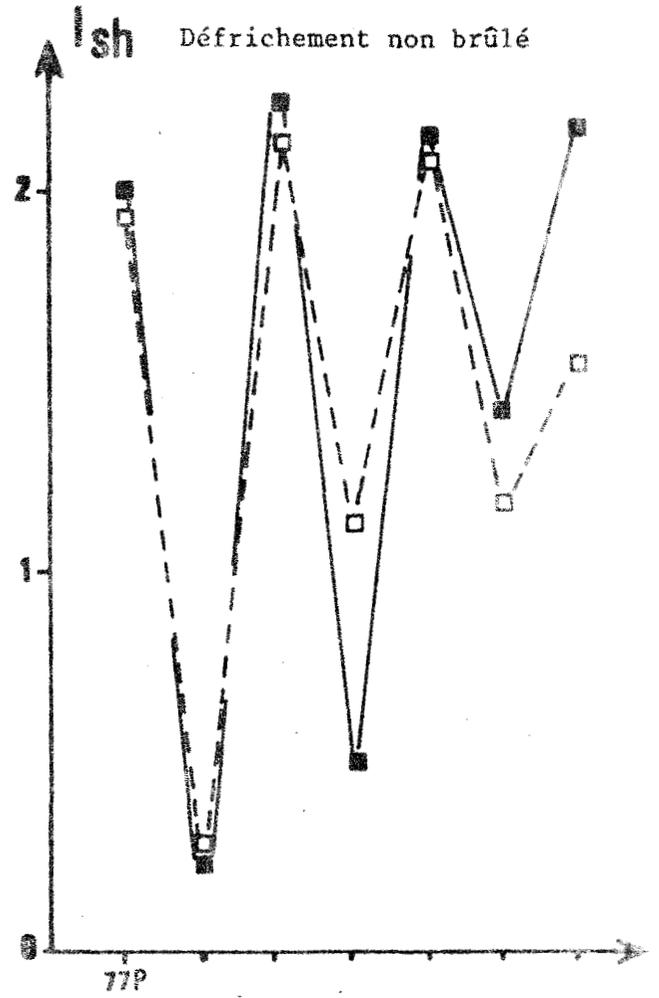
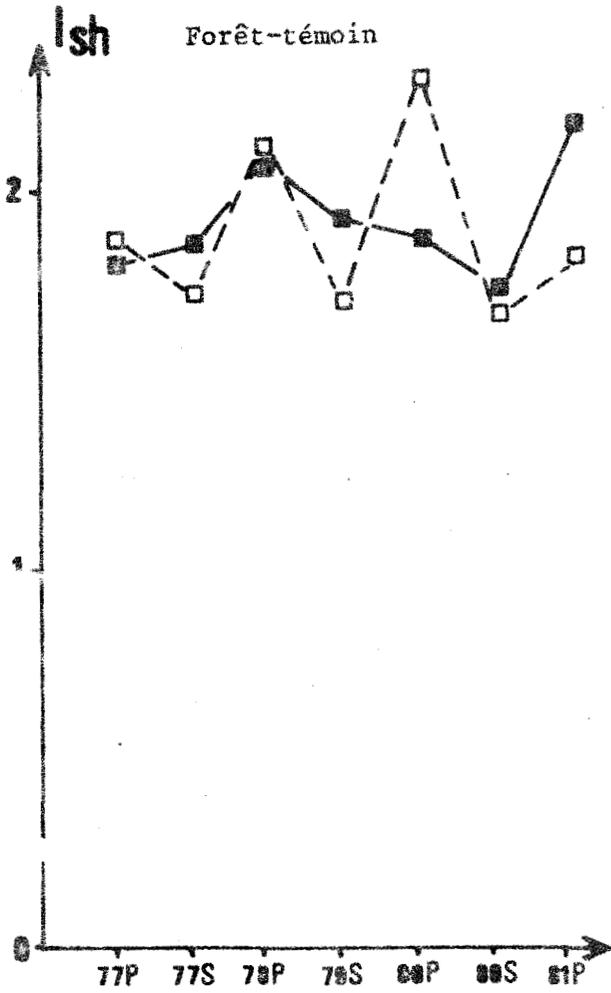
De plus, au vu des résultats concernant la diversité des Collemboles, la biomasse de microarthropodes, l'évolution du taux de matière organique et de la rétention hydrique, on peut qualifier la litière de Crecoxia d'améliorante par rapport à celle de Vismia par exemple.

- L'évolution d'un sol, même superficiellement brûlé, est fortement retardée par l'action du feu.

- L'évolution initiale d'un sol fortement brûlé (le phénomène est sensiblement identique pour les pistes de débardage) dépend entièrement de l'apport, sur ses marges, de la litière d'un recrû adjacent ; cette évolution ne peut se poursuivre, deux ou trois ans seulement après le premier apport de litière, qu'après restauration d'un sol rechargé en matière organique grâce à l'activité des décomposeurs et à nouveau capable d'une rétention hydrique suffisante pour que les germinations puissent avoir lieu et se maintenir ; alors seulement, on observe un recrû propre à cette situation. Mais cette restauration d'un sol propre à supporter un recrû exige le travail d'une chaîne de décomposeurs équivalent à celui qui permet au recrû adjacent sur sol non brûlé de progresser en biomasse sèche de près de 50 tonnes/ha : le coût énergétique de la restauration d'un sol après brûlis apparaît colossal.

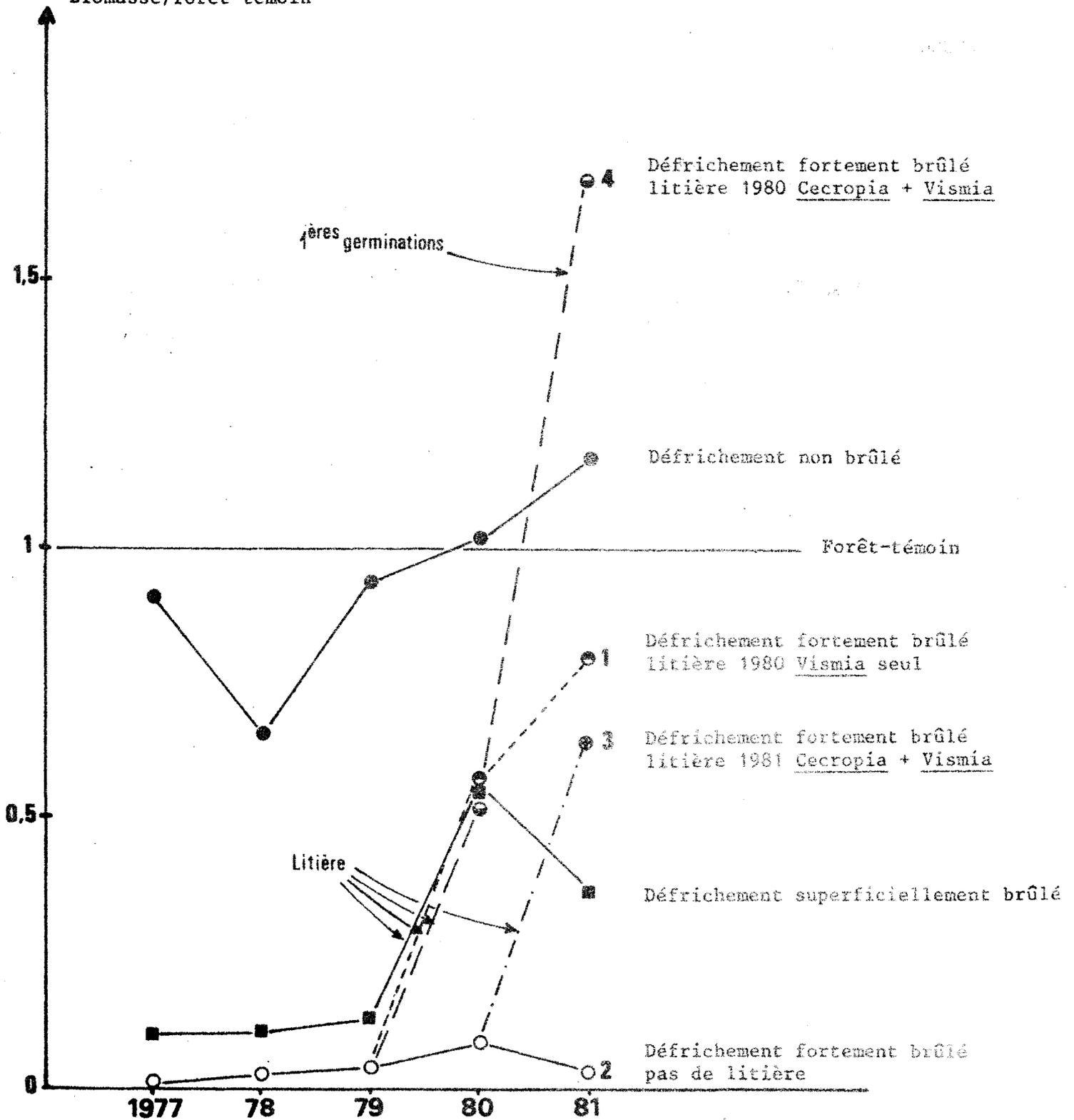
■—■ litière

□—□ profil total : litière + sol



Microarthropodes du sol

$\frac{\text{Biomasse/formation modifiée}}{\text{Biomasse/forêt-témoin}}$



LEGENDE DES FIGURES

Fig. 1. - Parcelle ARBOCEL ; transect sur sol à drainage superficiel et latéral. Evolution de la diversité de groupes des Collemboles, selon l'alternance des saisons (P = saison des pluies ; S = saison sèche ; même échelle de temps pour les 4 situations ; dans le défrichement fortement brûlé, 1, 2, 3, 4 : voir texte).

Fig. 2. - Parcelle ARBOCEL ; transect sur sol à drainage superficiel et latéral. Biomasse de Microarthropodes ; évolution du rapport biomasse dans les formations modifiées/biomasse en forêt-témoin (dans le défrichement fortement brûlé, 1, 2, 3, 4 : voir texte).

LES PLUVIOLESSIVATS DE LA FORET TROPICALE HUMIDE (GUYANE FRANCAISE)  
VARIATIONS SAISONNIERES QUALITATIVES ET QUANTITATIVES DES ELEMENTS.

-o-

KILBERTUS G. (1) ; RORH R. (2) ; SCHWARTZ R. (1)

(1) - Laboratoire de Botanique et Microbiologie, UNIVERSITE DE NANCY I

(2) - Laboratoire de Botanique II, UNIVERSITE DE NANCY I

B.P. 239 - 54506 VANDOEUVRE Cedex FRANCE

-||--||--||--||--

La constance des conditions climatiques des deux saisons en Guyane française nous autorise à étendre nos résultats obtenus sur un mois de chaque saison à l'année toute entière. Les résultats obtenus, comparés à ceux concernant l'importance de la litière dans les mêmes stations démontrent l'importance quantitative des substances organiques figurées contenues dans les pluvioléssivats. Elles sont susceptibles de représenter en effet 17 % (en B) à 37 % (en C) de la production primaire de feuilles évaluée par PUIG (1979) : de 1,49 t/ha/an à 2,76 t/ha/an.

Cet impact dont nous avons mesuré l'importance est sans doute renforcé par la présence dans les pluvioléssivats de substances dissoutes que les techniques utilisées ne nous ont pas permis de déceler. Leur nature et leur abondance ont été étudiées en forêt tropicale africaine par VILLECOURT et ROOSE (1978).

Les pluvioléssivats qui contiennent aussi de nombreux germes (de 16,4 à 47,1 x 10<sup>6</sup> germes/g de culot en saison humide et 2,4 x 10<sup>6</sup> germes/g de culot en saison sèche) témoignent donc de l'intense activité microbiologique de la phyllosphère.

Si un certain nombre de ces microorganismes sont caractéristiques de la phyllosphère, comme Xanthomonas sp, Pseudomonas sp et certains Cladosporium, on rencontre aussi à cet étage en Guyane bon nombre de microorganismes qui se retrouvent également au sol sous-jacent et certains phénomènes qui se déroulent normalement au niveau du sol en pays tempérés (dégradation des substances végétales, agrégation de sol, etc...), sont déjà bien engagés en région tropicale au niveau des parties élevées des arbres. Notre étude ultrastructurale confirme cette interprétation en soulignant la présence de nombreux champignons et bactéries parmi les débris végétaux qu'ils contribuent à dégrader.

La détermination des germes ne révèle pas de différences significatives entre les deux stations ; les variations quantitatives relevées sont plus liées selon nous à la topographie des stations qu'à leur couvert végétal. D'ailleurs, si l'on tient compte des quantités totales de matières figurées récoltées dans les deux stations, on s'aperçoit que pour une saison donnée, la quantité de germes est sensiblement la même dans les deux stations.

L'étude ultrastructurale des pluviollessivats a montré que leur richesse en matière organique est plus grande en saison sèche qu'en saison des pluies. Cela s'explique par le fait que les prélèvements effectués en saison sèche correspondent au premier lessivage des feuilles intervenu après plusieurs mois d'exposition du couvert forestier.

En conclusion, cette étude met en évidence un phénomène jusqu'alors insoupçonné ou pour le moins mésestimé : l'importance quantitative et qualitative des processus biologiques qui se déroulent dans la phyllosphère des arbres de la forêt tropicale humide. Ceux-ci expliquent la rapidité des processus de dégradation des litières, la décomposition étant déjà très avancé sur les arbres eux-mêmes.

Des études ultérieures nous semblent nécessaires pour préciser ces données et approfondir un phénomène qui prive le sol d'une partie importante de matière organique qui serait précieuse pour sa régénération.

MICROFLORE ET ACTIVITES MICROBIENNES EN FORET DENSE HUMIDE GUYANAISE

-o-

KILBERTUS G.

Université de NANCY I, Laboratoire de Botanique et de Microbiologie

-||-||-||-||-

Les microorganismes constituent un maillon indispensable dans les écosystèmes forestiers. Ils permettent la minéralisation de la matière organique fraîche (d'origine animale ou végétale) en éléments assimilables par les plantes. Ce sont les seuls responsables de ces transformations, la faune n'intervenant qu'en broyant les débris végétaux ou en les transformant en matière organique animale (qui sera reprise par les germes telluriques).

Une bonne connaissance de la quantité et de la qualité des bactéries et des champignons présents est donc indispensable pour pouvoir estimer certains processus fondamentaux de la rotation de la matière organique dans les écosystèmes.

Les études que nous avons menées sont directement en relation avec celles effectuées par d'autres chercheurs sur les mêmes stations :

- . Elles font normalement suite aux expériences concernant la production primaire.
- . Elles sont liées à celles des zoologistes du sol : il existe en effet d'étroites relations trophiques entre les microorganismes et les insectes.
- . Elles concernent directement les pédologues.

Les résultats que nous exposons ici ont trait aux stations forestières situées à proximité de la station ARBOCEL et des bassins versants A et B. Ils se rapportent à la qualité et à la quantité des microorganismes du sol et à leur activité biologique potentielle.

1. - MICROORGANISMES (Tableau 1)

Les microorganismes sont diversement répartis : très abondants dans les litières, puisque leur nombre peut atteindre  $582,5 \times 10^6/g$ , ils sont encore nombreux dans les pluviollessivats (jusqu'à  $47,1 \times 10^6/g$ ) et les sols en saison sèche (jusqu'à  $12,9 \times 10^6/g$ ).

TABLEAU 1 : MICROFLORE DES STATIONS FORESTIERES

ORIGINE	MICROFLORE TOTALE	BACTERIES	CHAMPIGNONS
SOL	de 4,3 à 12,9 x 10 <sup>6</sup> par g de sol	Bacillus - Micrococcus - Chromobactérium - Flavobactérium - Arthrobacter	Diheterospora - Mucor - Phoma - Penicillium - Trichoderma - Alternaria - Paecilomyces - Cladosporium - Ulocladium
CHITINE	-	-	Penicillium - Cephalosporium - Paecilomyces - Scolecobasidium
LIGNINE	-	-	Zanclospora - Brachysporella - Trichoderma - Chloridium - Dyctyosporium - Paecylomyces - Codinea
CELLULOSE	-	-	Chloridium - Paecilomyces - Trichoderma - Cephalosporium - Scopulariopsis - Minacrosporium
FEUILLES D'EPURUA FALCATA	de 4,1 à 582,5 x 10 <sup>6</sup> par g de feuilles	Bacillus - Micrococcus - Pseudomonas - Streptomyces - Xanthomonas - Chromobacterium - Flavobacterium - Cellulomonas - Arthrobacter	Beltrania - Pestalotia - Verticillium - Cylindrocladium - Dictyosporium - Gliocladium - Candelabrella - Setodochium - Speiropsis - Idriella - Codinea - Trichoderma - Oidiodendron - Paecilomyces - Aspergillus - Wiesneropsis - Subulispora - Leptographium - Pseudobeltrania - Polyscytalidum - Chaetendophragma - Cylindrocladium - Volutina - Dimeriella - Codinea - Pseudopetrakia - Cladosporium - Neottiosporella - Gyrothrix - Brachysporella - Zanclospora - Chloridium - Menisporopsis - Chalara
PLUVIOLESSIVATS D'EPERUA FALCATA	de 2,4 à 47,1 x 10 <sup>6</sup> par g de pl.	Bacillus - Pseudomonas - Xanthomonas	Cladosporium - Penicillium - Trichoderma - Aspergillus - Acremonium - Phaeoisaria - Tritirachium - Paecilomyces

C'est dans les feuilles mortes d'Eperua falcata que se retrouvent le plus grand nombre d'espèces de bactéries et de champignons. Tous les genres présents, à une ou deux exceptions près, sur les autres substrats, sont présents dans les litières. Les proportions varient cependant : ainsi par exemple, dans les sols, ce sont les Arthrobacter et les Bacillus qui dominent, dans les pluviollessivats (et par conséquent dans la phyllosphère) les Pseudomonas et les Xanthomonas alors que dans les litières ce sont Micrococcus et les Flavobacterium qui sont les plus nombreux. Ces différences dans la répartition qualitative se retrouvent également avec les champignons.

Les litières constituent donc une véritable réserve de germes, leur suppression pouvant de ce fait entraîner des perturbations graves dans les cycles géochimiques.

## 2. - ACTIVITES MICROBIENNES (Fig. 1)

Nous avons tenté de rechercher la microflore susceptible de décomposer :

- . Les tissus animaux (protéolyse, lipolyse, chitinolyse) :
- . Les tissus végétaux (cellulolyse et ligninolyse).

L'activité protéolytique, traduite en nombre de germes capables de produire une auréole de lyse sur milieu SETA par rapport à la population totale, nulle au cours de la saison sèche, correspond à un rapport de 0,75 ce qui traduit une forte activité.

L'activité lipolytique, mesurée à l'aide d'un pH stat, a abouti au chiffre de 0,43 (nombre de ml de soude 0,01N nécessaire pour neutraliser l'activité apparue en 10 minutes à 37°C avec 1 g de sol sec).

Les autres activités ont été mesurées à l'aide de la technique des pièges : on constate ainsi que les pertes sont très importantes dès le quatrième mois (60 % de chitine, 80 % de sciure de hêtre, 90 % de cellulose pure) et sont le reflet d'une métabolisation intense des matières organiques par les germes. Cependant, les composés plus complexes tels que les feuilles d'Eperua falcata sont décomposés beaucoup plus lentement, puisqu'après 7 mois, 55 % des produits ont disparu.

## 3. - CONCLUSIONS

Les résultats que nous avons exposés précédemment n'ont qu'une valeur relative dans la mesure où ils n'ont pas été comparés à ceux des différentes stations déforestées, ce qui était le but de nos expériences. Cependant, tels quels, ils permettent cependant de tirer un certain nombre de conclusions :

- . Tous les genres bactériens cités sont présents dans tous les substrats, mais dans les proportions qui varient en fonction de ce dernier ;

Figure I : Pertes de poids en % de cellulose, lignine, chitine et feuilles d'Eperua falcata .



- Eperua falcata ( feuilles )
- ..... Cellulose
- - - - - Lignine
- . - . - Chitine

- . Les champignons semblent plus inféodés à la qualité de la matière organique décomposée, les litières semblant être le réservoir naturel des germes dans ce pays ;
- . Les activités biologiques potentielles du sol sont très importantes, mais leur importance est réduite lorsqu'on s'adresse à des composés complexes tels que les feuilles (qui renferment probablement des substances inhibitrices type polyphénols).

La décomposition rapide de la matière organique végétale dans ce pays tropical est de ce fait probablement lié à la présence de chaînes trophiques plus ou moins complexes. Il nous semble donc indispensable de connaître les différents intervenants : microorganismes, pédofaune, animaux supérieurs, etc... de même que la quantité et la qualité de la litière revenant au sol, pour pouvoir estimer leur impact sur la rotation de la matière organique dans un écosystème, en particulier dans le cas de leur disparition après déforestation.

Les travaux sont à l'heure actuelle arrivés à un point tel, qu'il est maintenant indispensable d'associer étroitement les différentes disciplines afin de pouvoir démontrer les mécanismes biologiques et estimer les flux d'énergie traversant les différents partenaires de l'écosystème en fonction des modifications naturelles ou artificielles affectant ce dernier.

Les travaux que nous avons réalisés dans le cadre de cette étude ont fait l'objet des notes et publications suivantes :

- BETSCH J.-M., KILBERTUS G., PROTH J., BETSCH-PINOT M.-C., COUTEAUX M.-M., VANNIER G., VERDIER B., - 1979. - Effets à court terme de la déforestation à grande échelle de la forêt dense humide en Guyane Française sur la microflore et la microfaune du sol. Proc. VII<sup>e</sup> Congrès International de Zoologie du Sol, Syracuse (N.Y. USA).
- KILBERTUS G., 1979. - Microbiologie du sol en Guyane Française. Université de Nancy I. 53 pp.
- KILBERTUS G., PROTH J., 1978. - Différences microbiologiques et ultrastructurales entre trois sols de la Guyane Française. Influence du couvert forestier. CR 103<sup>e</sup> Congrès Nat. Soc. Sav., I 331-345.
- KILBERTUS G., MOUREY A., SCHWARTZ R., PREVOST M.-F., 1980. - Activités biologiques dans les sols tropicaux (Guyane Française). I. Influence du déboisement sur la microflore tellurique. Bull. Acad. Lorr. Sci., 117-130.
- KILBERTUS G., KIFFER E., MANGENOT F., ARNOULD M.-F., 1980. - Activités biologiques dans les sols tropicaux (Guyane Française et République de Côte d'Ivoire). III. Décomposition des tissus lignifiés. Bois et forêts tropicales (CTFT). 190, 3-15.

- KILBERTUS G., 1981. - Activités biologiques de sols forestiers guyanais. Technique d'étude. Bull. ECEREX. 5, 3-6.
- KILBERTUS G., SCHWARTZ R., 1981. - Influence de la déforestation sur l'activité biologique de sols tropicaux. Bull. ECEREX., 5, 22-25.
- KIFFER E., PUIG H., KILBERTUS G., 1981. - Biodégradation des feuilles d'Eperua falcata Aubl. en forêt tropicale humide (Guyane Française). Rev. Ecol. Biol. Sol, 18, 135-157.

EVOLUTION DE LA MATIERE ORGANIQUE  
EN MILIEU FORESTIER GUYANAIS

J.-F. TURENNE - Pédologue de l'ORSTOM  
FORT-DE-FRANCE

-||--||--||--||-

Deux bassins versants sont analysés en milieu ferrallitique guyanais, sur schistes du socle précambrien. Le bassin (A) est un bassin à dynamique de l'eau latérale, à drainage vertical bloqué dès 50 cm de profondeur. Le bassin (C) est un bassin à dynamique de l'eau verticale et profonde.

Ces bassins (R. BOULET, 1981) se caractérisent par un assemblage de volumes pédologiques caractéristiques. Les sols du bassin (A), à dynamique de l'eau latérale et superficielle montrent en surface un horizon gravillonnaire nodulaire, reposant sur un horizon rouge, sec au toucher, à lithoreliques peu ou pas indurées. On reconnaît en profondeur des volumes de roche mère (schiste) à structure conservée au sein d'un matériau d'altération, toujours sec au toucher.

Les sols du bassin (C), à dynamique de l'eau verticale et profonde sont épais ; un horizon A à nodules dispersés, à porosité tubulaire très développée, repose sur un horizon B à microagrégats, à nodules jointifs. Cet ensemble surmonte un horizon B rouge, compact, à structure polyédrique et à éléments de roche mère schisteuse conservés.

Le bilan hydrique (Tableau 1) traduit la dynamique de l'eau de la couverture pédologique, dans les deux situations.

TABLEAU 1 : Distribution des termes du bilan hydrique  
(M. ROCHE, 1979)

Pluie Evapotranspiration Ruissellement Ecoulement retardé Infiltration

	Pluie	Evapotranspiration	Ruissellement	Ecoulement retardé	Infiltration
Bassin (A) 3740 mm		46 %	19 %	8 %	27 %
Bassin (C) 3510 mm		46 %	7 %	8 %	40 %

## I - MATERIEL ET METHODES

La matière organique totale est analysée dans l'horizon de surface (0 - 10 cm) pour différentes situations (sols de haut de pente, ou replat sommital, sols de mi-pente et bas de pente), sous forêt et après défrichement. On dose successivement les formes du carbone (carbone total, acides fulviques, acides humiques, fraction non extraite ou humine) obtenus par une extraction à épuisement en milieu alcalin et les formes de l'azote obtenues par une hydrolyse acide (HCl 6N, BREMNER, 1967) (azote aminé, hexosamine, amidé et ammoniacal (azote hydrolysable)).

Une extraction par la soude tamponnée au tétraborate de sodium, extrait les complexes organo-métalliques les plus mobiles.

Les différences de mise en valeur pâturage en bassin (A), arbres fruitiers et sol nu en bassin (C) limiteront d'autant les interprétations.

## II - LES FORMES DU CARBONE

### A - SOUS FORET

#### a) Distribution du carbone total :

Les sols des bassins à drainage vertical se caractérisent (Fig. 1) par un taux élevé de matière organique, plus élevé dans la partie supérieure du relief (tiers supérieur de pente, haut de pente), diminuant ensuite en bas de pente.

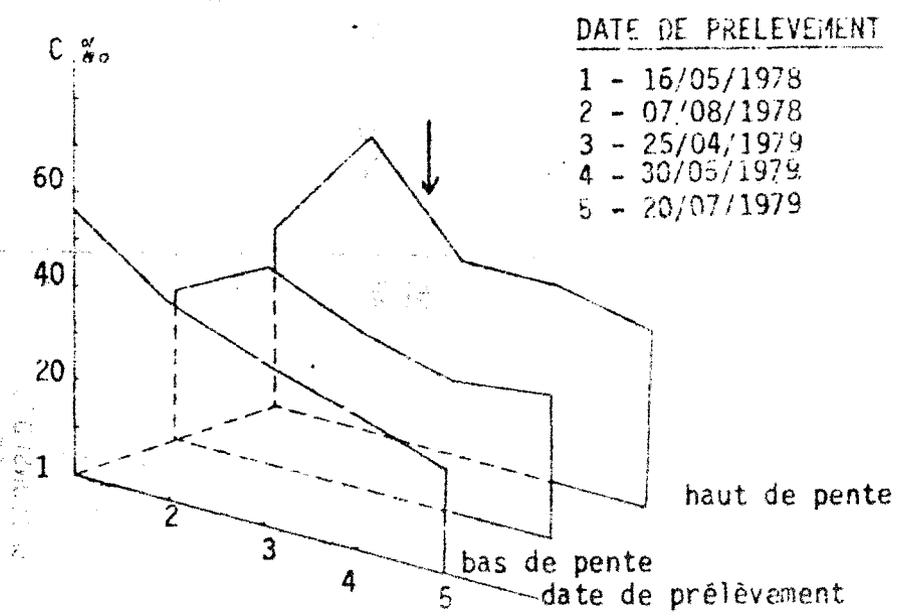
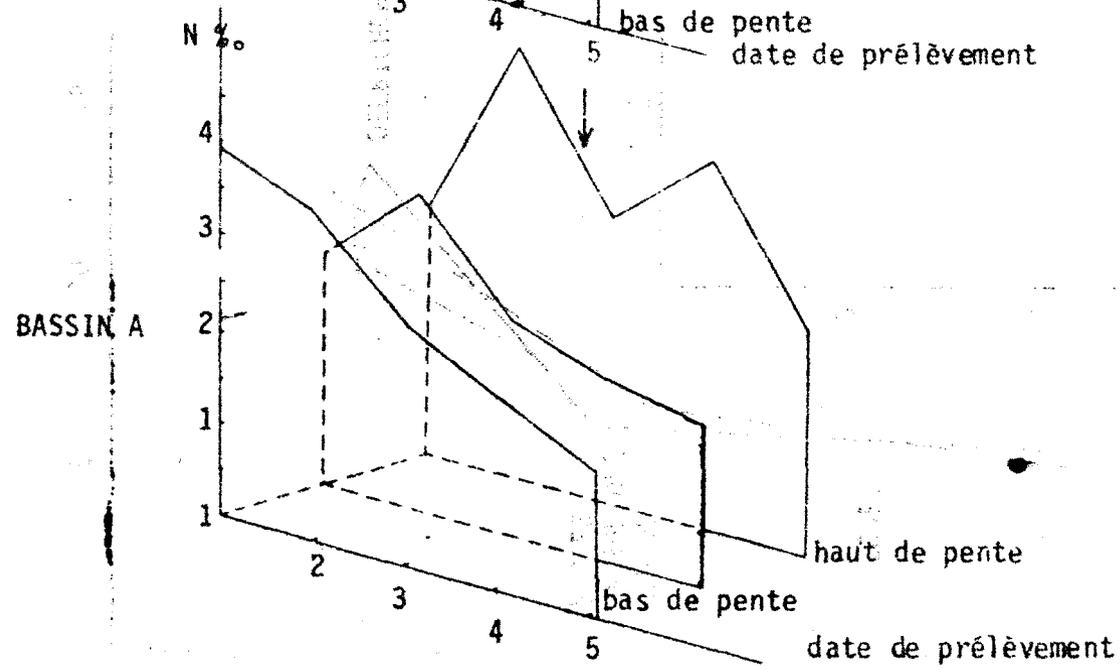
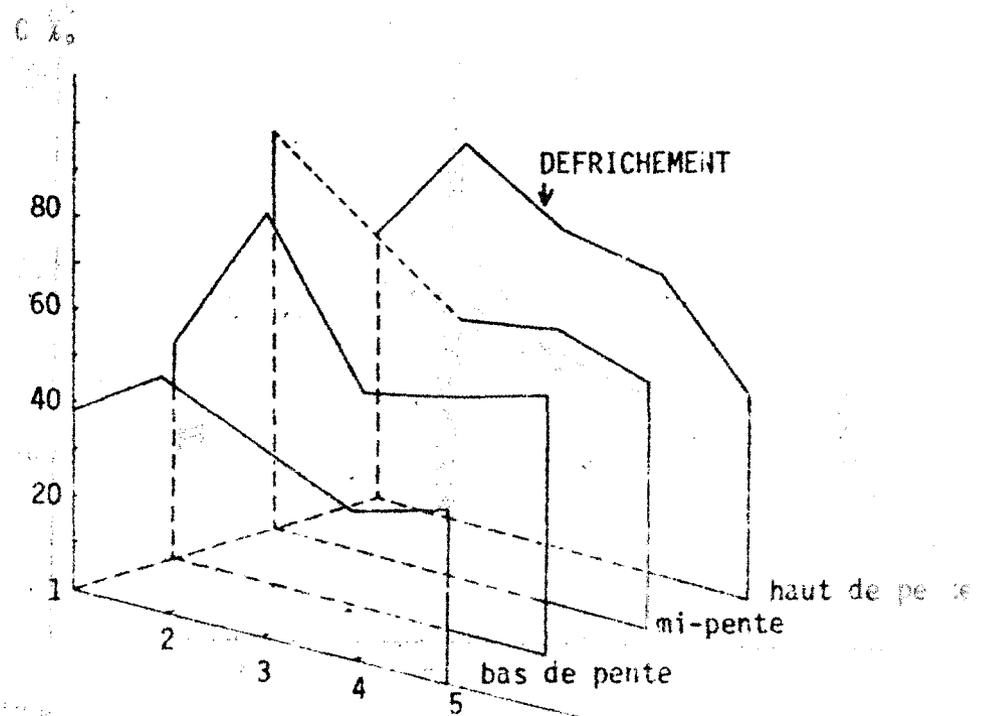
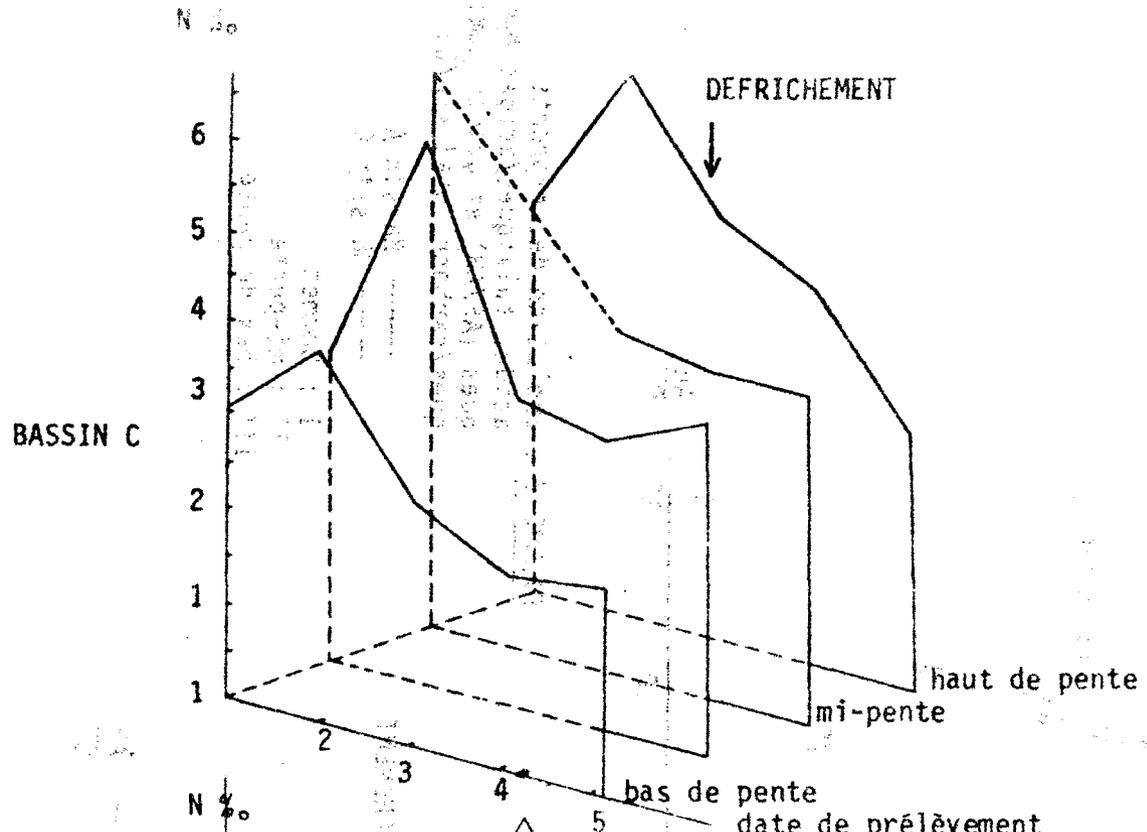
Les sols des bassins à drainage bloqué présentent des teneurs inférieures à celles observées pour les bassins à drainage vertical, (BOULET, op. cit.) sans variation significative le long de la pente.

Les teneurs en carbone augmentent fortement en fin de saison des pluies, augmentation qui coïncide avec l'augmentation de la litière notée à cette période (de l'ordre de 600 kg/ha/mois en mai et juin, de 1 200 kg/ha/mois en juillet et août, période du deuxième prélèvement) (PUIG, 1979). Ces variations sont notées à la fois pour les bassins (A) et (C).

Les différences de teneur entre les deux bassins sont également notées dans le profil de sol.

#### b) Distribution des formes du carbone : (Tableau 2)

Une répartition simple des formes du carbone, ramenée aux acides fulviques, acides humiques et fraction non extraite, ou humine, montre une forte proportion d'extrait humique en bassin (A), avec des teneurs élevées dans l'horizon nodulaire et au sommet de l'horizon compact essentiellement sous la forme d'acides fulviques.



**DATE DE PRELEVEMENT**

1	-	16/05/1978
2	-	07/08/1978
3	-	25/04/1979
4	-	30/05/1979
5	-	20/07/1979

**FIGURE 1 - Evolution des taux de carbone et azote total.**

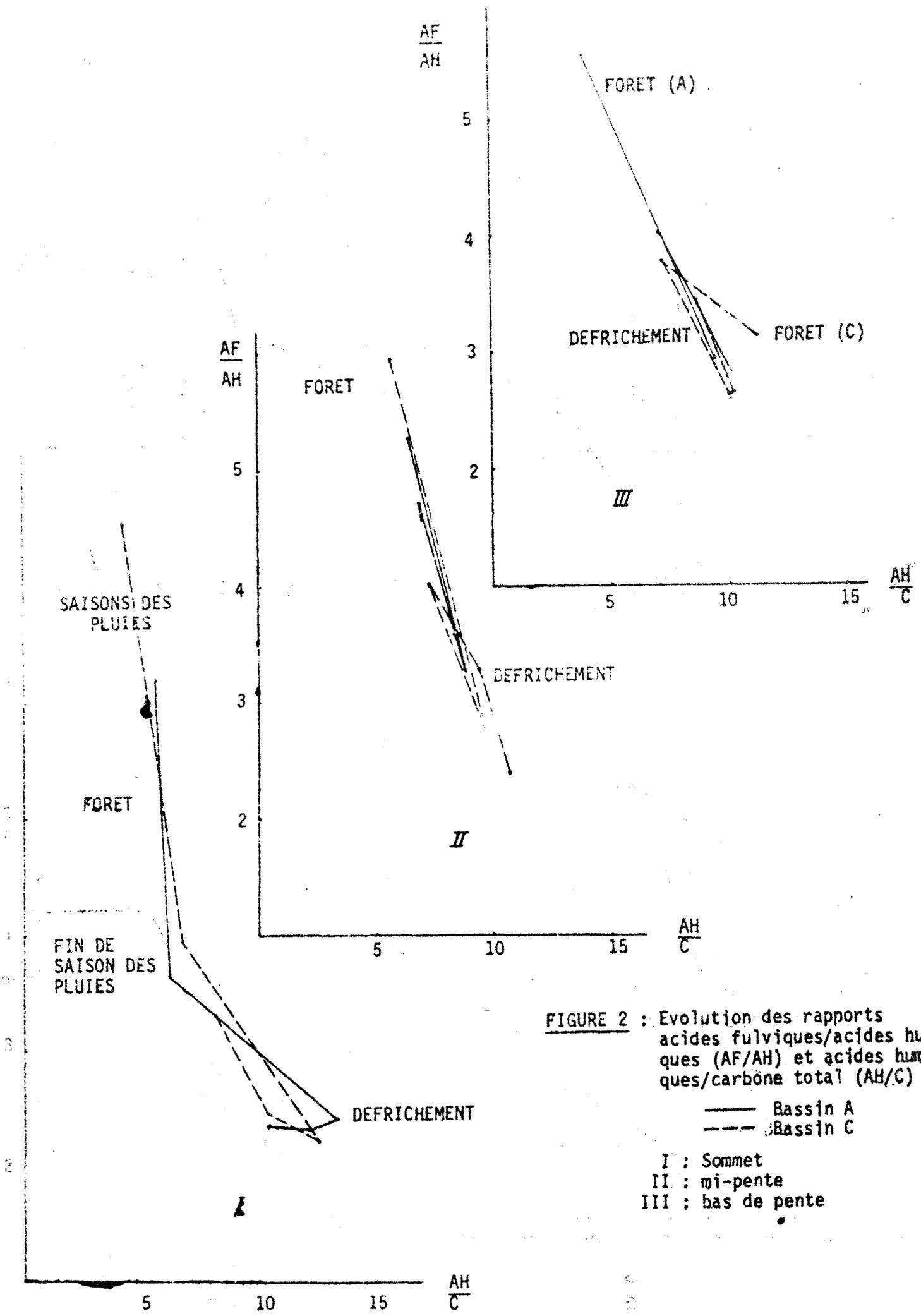


FIGURE 2 : Evolution des rapports acides fulviques/acides humiques (AF/AH) et acides humiques/carbone total (AH/C)

- Bassin A
- - - Bassin C
- I : Sommet
- II : mi-pente
- III : bas de pente

Le bassin (C) se caractérise par des taux d'extraction humique voisins pour tous les horizons, et une augmentation progressive des formes dans l'horizon (B) à microagrégats. L'horizon (B) rouge compact est plus riche en acides fulviques, à distribution plus profonde.

#### B - APRES DEFRICHEMENT

Le défrichement se traduit, dans les deux stations observées, par une diminution du taux de carbone de l'horizon de surface (Fig. 1). Cette diminution est localisée aux 3,5 cm supérieurs (BETSCH *et al.*, 1981). Elle affecte davantage les formes fulviques et l'humine : on constate en effet une augmentation, relative et absolue des formes humiques. Le rapport C/N de l'humine, diminue également, traduisant une disparition progressive des fractions fraîches incorporées dans cette fraction. Le rapport C/N global augmente par contre sensiblement, après la mise en culture. L'amplitude des variations est plus forte en bassin (C).

### EVOLUTION DES FORMES DU CARBONE

La comparaison des rapports acides fulviques/acides humiques (AF/AH) et acides humiques/carbone total (AH/C), renseigne sur la dynamique des systèmes étudiés (Fig. 2). Les variations saisonnières dues aux apports de litière traduisent par une augmentation des formes humiques. Le défrichement se caractérise dans la première phase d'évolution par une augmentation de la part de ces mêmes formes humiques.

Un an après le défrichement, on note une évolution inverse, davantage marquée en bassin (C), en haut de pente, plus marquée pour le bassin (A) à mi-pente. Ceci traduit une évolution vers la dynamique à acides fulviques dominant, proche de celle observée sous forêt.

L'amplitude des variations du rapport acides fulviques/acides humiques (AF/AH) est plus forte pour le bassin à drainage vertical en haut de pente, amortie ensuite en mi-pente et bas de pente pour les deux bassins (5,5 à 2,5).

Ces modifications correspondent à des modifications notées par ailleurs (J.-F. TURENNE, 1981) : les formes humiques correspondent à des formes plus jeunes et transitoires, en situation perturbée.

### III - LES FORMES DE L'AZOTE

#### 1 - DISTRIBUTION DE L'AZOTE TOTAL

Les variations de l'azote dans l'horizon supérieur du sol suivent les variations observées pour le carbone total, mais l'augmentation relative du rapport C/N après défrichement, traduit une baisse plus forte de cet élément davantage localisée aux formes humifiées qu'à l'humine.

Distribution des formes du carbone (C ‰)

	Profondeur cm	C Total ‰	Extrait Humique carbone ‰	Acides Fulviques ‰	Acides Humiques	Taux Extraction ‰
<u>Bassin C, haut de pente</u>						
Horizon A 11	0-5	56,38	20,58	18,2	2,4	36,5
Horizon A 12	5-20	40,26	12,34	10,9	1,4	30,6
	20-40	21,15	9,2	6,21	3,0	43,5
Horizon B à microagrégats	70	12,26	4,74	4,72	4	43,2
<u>Bassin A, haut de pente</u>						
A 11	0-5	37,77	15,14	13,04	2,1	40,07
Horizon à concentration nodulaire	5-20	20,81	11,76	7,7	4,1	56,51
	30-40	12,38	5,27	3,76	1,6	42,58
Sommet de l'horizon B compact	50-70	10,97	7,68	7	4	69,88
Horizon rouge compact	100	7,77	2,40	2,4	4	30,89

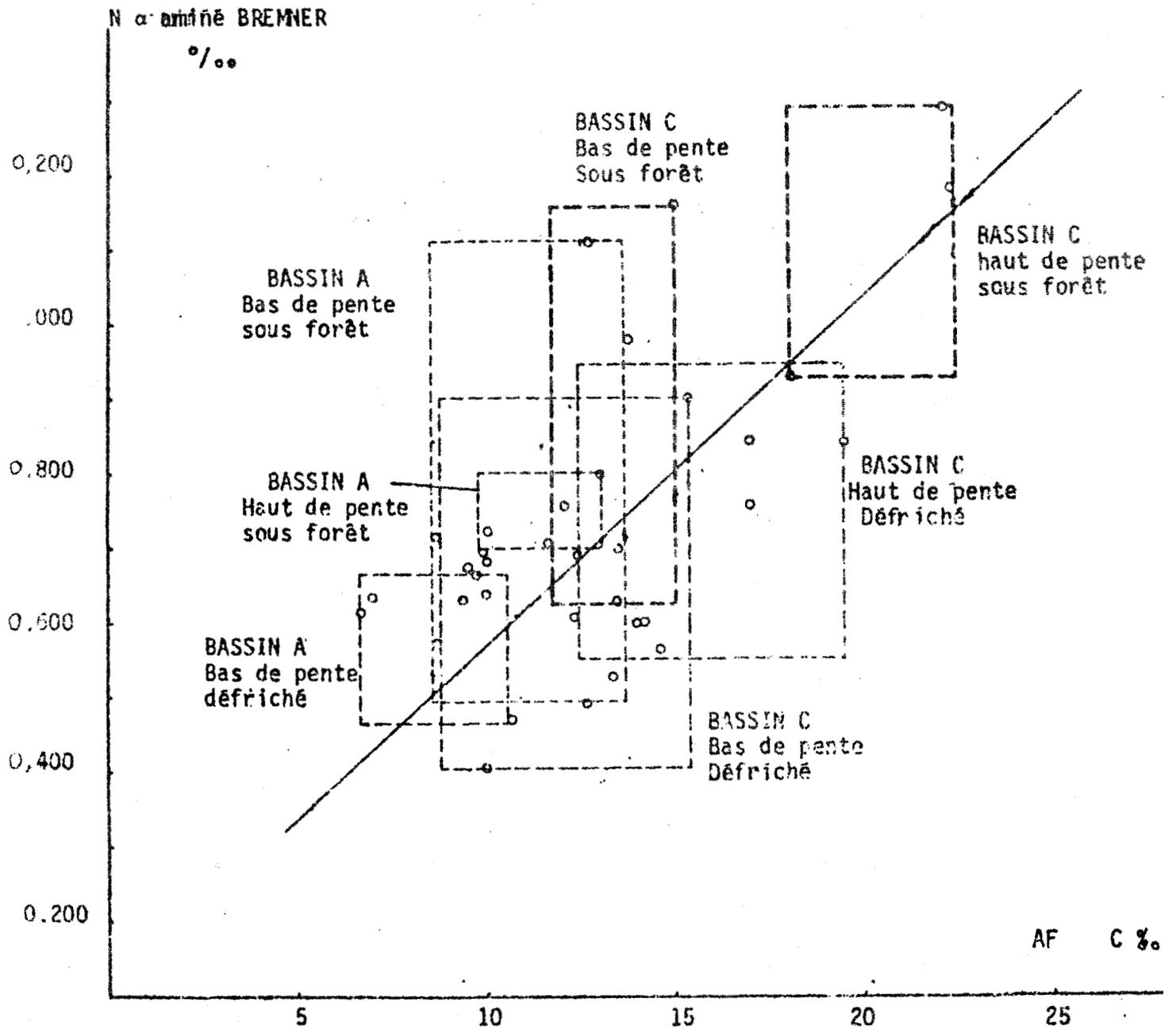


FIGURE 3 : Relation entre les formes azotées α aminées et les valeurs d'acides fulviques (AF) en carbone %.

BASSIN C	$\alpha A = 0.108 + 0.046 AF$	$n = 19$	$r = 0,713$
BASSINS A et C	$\alpha A = 0.280 + 0.036 AF$	$n = 36$	$r = 0.645$

## 2 - DISTRIBUTION DES FORMES DE L'AZOTE

### a) Sous forêt :

La séparation en azote aminé, hexosamine, ammoniacal et amidé, montre peu de différences : le taux d'azote hydrolysable (somme de ces trois formes) est le plus élevé dans le bassin (A) : le taux d'azote aminé est maximum dans les situations les mieux drainées (tiers de pente supérieur) et supérieur dans le bassin C, comparé au bassin A, pour la même situation topographique. Le taux d'azote ammoniacal et amidé est maximum en bas de pente, traduisant un lessivage et un entraînement possible de ces formes, en particulier, dans le bassin (A).

L'hexosamine suit les variations de l'azote aminé, élevé en haut de pente et tiers supérieur du relief.

### b) Après défrichage :

Le défrichage se traduit dans tous les cas (bassins A et C) par une diminution remarquable des formes hexosamines et une augmentation des formes d'azote amidé-ammoniacal.

La relation mise en évidence entre le taux d'acides fulviques (6AF) et le taux d'azote aminé (Fig. 3), montre que l'évolution de ces formes azotées est très directement liée, en milieu ferrallitique guyanais, à celle des acides fulviques ; le défrichage se traduit systématiquement par une baisse des quantités d'azote aminé et des acides fulviques mais le taux d'azote aminé reste encore élevé en bassin C, en situation de haut de pente.

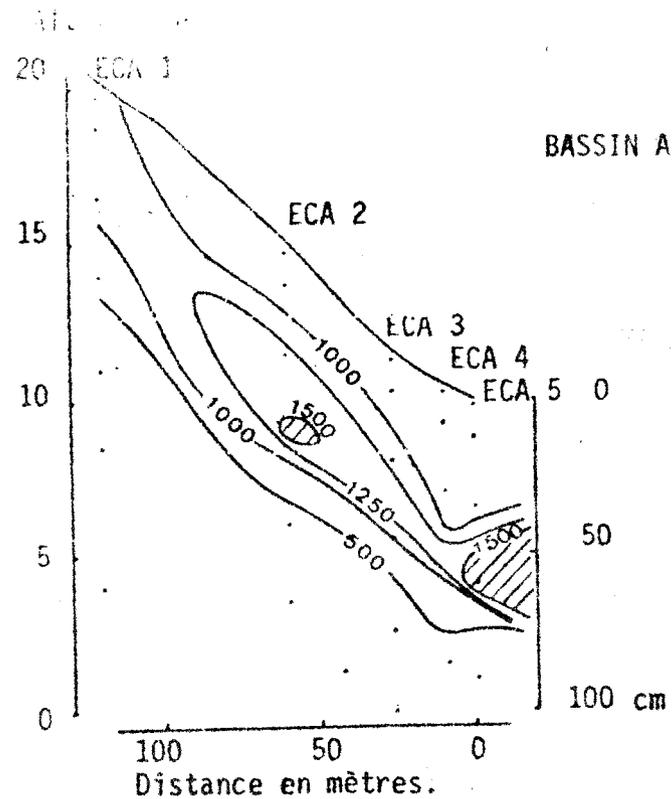
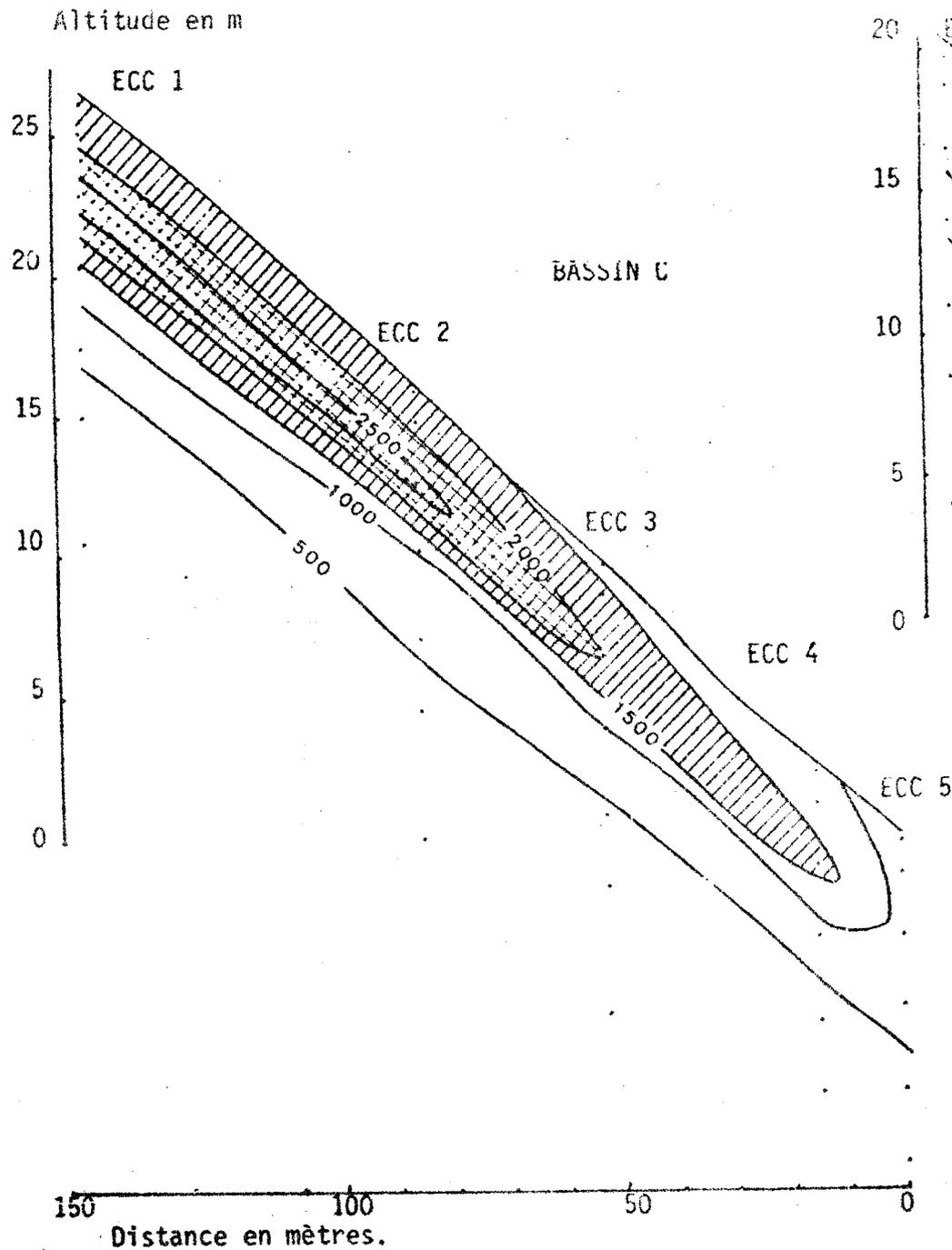
La diminution des formes d'azote aminé et de l'hexosamine, produits d'organismes vivants, traduit la diminution de l'activité biologique.

L'augmentation de l'azote  $N.NH_4$  traduit à la fois une déamination et une libération des formes fixées par l'argile ou la matière organique.

Ceci est à mettre en relation avec les différences biologiques quantitatives observées entre forêt et zone déboisées, et la tendance à la diminution de l'activité biologique après déboisement (COUTEAUX, 1980).

On notera les similitudes de niveaux et de variations des formes de l'azote, entre les zones basses du bassin (C) à drainage vertical et profond et celles observées dans le bassin (A) à drainage bloqué : l'hydromorphie intervient là pour imprimer sa marque à la dynamique organique, les données du bassin (A) à drainage latéral et superficiel sont confondues avec celles du bassin (C) à drainage vertical, pour la partie basse du relief.





0

50

100

Profondeur en cm

FIGURE 5 : Distribution des formes du fer complexé le long de la pente.

Bassin A à drainage bloqué  
 Bassin C à drainage vertical  
 Equidistance 500 ppm.

#### IV - DYNAMIQUE DU FER ET DE L'ALUMINIUM COMPLEXES

##### a) Le fer :

La distribution latérale et verticale du fer complexé par la matière organique, traduit les différences de drainage observées par ailleurs (Fig. 4), (Fig. 5).

En bassin (A) à drainage latéral et superficiel, le fer complexé est bloqué en même temps que les formes organiques mobiles au sommet de l'horizon B compact, sec au toucher. La distribution du fer le long de la pente traduit une circulation latérale de cet élément et son entraînement le long de la pente ainsi que son blocage au sommet des anciens horizons B compacts. La distribution figurée de cet élément traduit l'appauvrissement en fer complexé des parties hautes du paysage, et particulièrement dans l'horizon supérieur où s'effectue la circulation et l'évacuation de l'eau : en bas de pente, cette distribution (Fig. 4) ainsi que celle du carbone extrait (profil ECA5) est très proche de la distribution observée dans les sols podzoliques (J.-F. TURENNE, 1977).

Dans le bassin (C) à drainage vertical et profond, le fer est mobilisé en haut de séquence, mais sa répartition traduit une distribution verticale et régulière avec une plus grande mobilisation dans les horizons A12 et (B) à microagrégats. On notera, cependant, que dans le profil (ECC5), la distribution du fer complexé est voisine de celle observée dans le bassin (A).

##### b) L'aluminium :

La distribution de l'aluminium offre un profil similaire de haut en bas de la séquence du bassin (A) différent de celui observé pour le fer, sauf pour le profil de bas de pente, qui montre une légère augmentation du sommet de l'horizon imperméable également caractéristique de la morphologie podzolique. Sa distribution accompagne par contre, celle du fer complexé, de haut en bas de la séquence en bassin (C) à drainage vertical.

Les différences de distribution traduisent :

- une pédogénèse hydromorphe, voire podzolique en bassin à drainage bloqué avec des figures suggérant une évacuation hors du paysage (Fig. 5) ;
- une pédogénèse ferrallitique verticale (Fig. 5) pour les bassins à drainage vertical profond.

## CONCLUSIONS

L'analyse des horizons supérieurs du sol, dans deux situations de drainage vertical et profond d'une part, et latéral et superficiel d'autre part, montre qu'aux tendances générales d'évolution saisonnière qui se manifestent de la même manière pour les deux bassins, se superpose une dynamique propre à chaque situation, caractérisée par des différences de comportement de la matière organique du sol et des éléments complexés par celle-ci.

On note que la plus grande différence de comportement est obtenue pour les sols de sommet de relief et haut de pente ; les sols de mi-pente et bas de pente manifestent des signes d'hydromorphie quelle que soit la nature du drainage ; ils ont un comportement plus voisin et des variations d'amplitude généralement plus faible.

Les niveaux des formes azotées renseignent particulièrement sur l'évolution des bassins après défrichement : on constate la forte diminution des formes azotées liées à l'activité biologique ainsi qu'une diminution générale des niveaux de matière organique.

Les figures obtenues dans la répartition du fer et de l'aluminium, traduisent en fait une pédogénèse hydromorphe, sinon podzolique affirmée en bas de pente en bassin à drainage bloqué.

La distribution verticale des formes organiques et des éléments complexés (fer et aluminium) traduit la nature du drainage dans chaque cas étudié (vertical et profond ou latéral et superficiel). Cette distribution indique une dynamique d'infiltration en bassin (C) et un drainage de ruissellement hypodermique en bassin (A) avec entraînement des éléments complexés hors de paysage, en bas de pente.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BETSCH J.-M., BETSCH PINOT M.-C., COUTEAUX M., VANNIER G., VERDIER B.,  
1981 - Effets à court terme et à moyen terme de traitements  
liés à la déforestation de la forêt dense humide en Guyane  
française, sur le sol et la microfaune.  
In Bulletin de liaison ECEREX, n° 5, ORSTOM Cayenne.
- BOULET R., 1981 - Etude pédologique des bassins versants ECEREX.  
In Bulletin de liaison ECEREX, n° 4, ORSTOM Cayenne.
- COUTEAUX M., 1981 - Effets de la déforestation sur les protozoaires du  
sol en Guyane française.  
In Bulletin de liaison ECEREX, n° 5, ORSTOM Cayenne.
- PUIG H., 1979 - Productivité de la forêt guyanaise.  
In Bulletin de liaison ECEREX, n° 2, ORSTOM Cayenne.
- ROCHE M., 1979 - Analyse comparative des écoulements et de l'érosion  
sur les bassins versants expérimentaux ECEREX, sous forêt  
primaire.  
In Bulletin de liaison ECEREX, n° 2, ORSTOM Cayenne.
- TURENNE J.-F., 1977 - Modes d'humification et différenciation podzolique  
dans deux toposéquences guyanaises.  
Mémoire ORSTOM Paris.
- TURENNE J.-F., BROCHET M., CAVALIE J., PILLOT D., de REYNAL V., 1981  
- Equilibre d'un système agraire et dynamique du stock orga-  
nique en Haïti, 17ème Réunion C.F.C.S. Caracas.

LES PARCELLES ELEMENTAIRES D'ETUDE DU RUISSELLEMENT ET DE L'EROSION

Programme ECEREX

Synthèse après quatre années d'étude

-o-

J.-M. SARRAILH  
Ingénieur de Recherche  
Centre Technique Forestier Tropical  
Kourou

=|---|---|---|

I - INTRODUCTION

Liée au dispositif de 10 bassins versants, l'expérimentation en parcelles élémentaires a pour but de permettre la caractérisation du ruissellement et de l'érosion à plus grande échelle que les bassins, sur des surfaces plus homogènes.

11 - DISPOSITIF EXPERIMENTAL

La station est équipée de 11 parcelles en deux dispositifs :

111 - Parcelles sous forêts. Deux parcelles sont voisines du bassin A, toutes les deux sur sols à drainage bloqué à moyenne profondeur.

- La parcelle A de  $10 \times 40 = 400 \text{ m}^2$  a une perméabilité de surface faible. Elle inclue des pentes de 18% (dans la partie supérieure) jusqu'à des pentes de 35%.

- La parcelle B de  $10 \times 10 = 100 \text{ m}^2$  sur des sols à perméabilité de surface élevée. Elle est située dans la partie supérieure du relief (pente de 18%).

Une troisième parcelle est située près du bassin B sur des sols à drainage vertical libre.

- La parcelle C de  $10 \times 10 = 100 \text{ m}^2$  située à la partie supérieure du relief.

112 - Parcelles sous pâturages (Fig. 1). Sept parcelles sont installées après défrichement sur sol à drainage bloqué près du bassin F, d'une superficie de  $200 \text{ m}^2$ . Le système de récupération des eaux et des éléments entraînés par le ruissellement est représenté (Fig. 2).

Elles ont été installées au départ avec les couvertures graminéennes suivantes :

P 1 : Panicum maximum - P 2 : Brachiaria ruziziensis  
P 3 : Brachiaria USDA - P 4 : Brachiaria decumbens  
P 5 : Brachiaria mutica - P 6 : Digitaria swazilandensis  
P 7 : Pennisetum purpureum

En 1982, au vu des mauvais rendements on a modifié les couvertures des parcelles 5 et 7 qui deviennent :

P 5 : Pennisetum purpureum sur billons  
P 7 : Hemartria altissima

#### 113 - Parcelle Wischmeier

Il s'agit d'une parcelle maintenue en sol nu par ratissage régulier. Elle va permettre -au moyen de l'équation universelle de Wischmeier- d'obtenir la valeur de l'indice sol en fonction des quantités de terres recueillies dans la cuve de réception et connaissant l'érosivité de la pluie à partir des enregistrements pluviographiques.

## II - RESULTATS

Vingt et une parcelles sous forêt (Fig. 3).

Les ruissellements varient du simple au double quand la perméabilité de surface devient faible dans le cas où le drainage est bloqué à moyenne profondeur. Dans le cas du drainage vertical libre -parcelle C- il est 20 fois moins important que sur la parcelle A.

Pour bien montrer que les différences observées entre la parcelle A et B viennent de la différence de perméabilité et non de la topographie. On a classé les ruissellements en deux catégories : ruissellements provoqués par des pluies inférieures à 50 mm et ceux dues à des pluies supérieures ou également à 50 mm.

TABLEAU N° 1 - Ruissellement et Erosion en parcelles sous forêt

Année	Pluie A et B	Drainage bloqué à moyenne profondeur						Drainage vertical libre			Pluie C
		Per. surf. faible			Perm. surf. élevée			R mm	C %	E T/h	
		R mm	C %	E T/h	R mm	C %	E T/h				
1979*	2632	565	22	0,44	271	10	0,18	37	1,4	0,40	2689
79-80	3181	489	15	0,23	302	10	0,05	20	0,6	0	3102
80-81	2947	259	9	0,10	61	2	0,06	13	0,5	0,05	2835
81-82	3429	478	14	0,10	210	6	0,09	21	0,6	0	3324
Moyen.	3047	448	15	0,22	211	7	0,10	23	0,7	0,11	2987

\* de Janvier à Août 1979, les autres années de Septembre à Août.

Dans ce deuxième cas de figure on a séparé les crues en fonction de l'importance de la pluie de la veille. On obtient les corrélations suivantes (Fig. 4) :

211 - Pluies supérieures à 50 mm

2111 - Pluie de la veille supérieure à 50 mm, droite n° 1 sur la figure 4

$$B = 1,19 \quad A - 7,90 \quad r = 0,99$$

2112 - Pluie de la veille comprise entre 25 et 50 mm, droite n° 2

$$B = 0,772 \quad A - 7,94 \quad r = 0,89$$

2113 - Pluie de la veille inférieure à 25 mm, droite n° 3

$$B = 0,697 \quad A - 5,15 \quad r = 0,87$$

212 - Pluies inférieures à 50 mm, droite n° 4

$$B = 0,348 \quad A - 0,23 \quad r = 0,76$$

Le réservoir constitué par la bonne porosité de surface de plus en plus saturé, le comportement hydrologique de la parcelle B se rapproche de plus en plus de celui de la parcelle A, pour finir dans le cas où la saturation devient totale par égaliser et même dépasser cette parcelle.

Les valeurs observées peuvent être comparées à celles obtenues sur les bassins versants (ROCHE, 1980).

Bassin A drainage bloqué : ruissellement annuel 535 mm  
15,6% Erosion 1,07 T/ha

Bassin C drainage vertical libre : ruissellement annuel 140 mm  
4,2% Erosion 0,24 T/ha

La parcelle minimise un peu les ruissellements pour le drainage libre et l'érosion mais donne une bonne image du ruissellement pour les bassins mixtes et à drainage bloqué.

Vingt-deux parcelles pâturages.

TABLEAU N° 2 - Ruissellement en parcelles pâturages

Année	Pluie	P 1		P 2		P 3		P 4		P 5		P 6		P 7	
		Rmm	C%	Rmm	C%	Rmm	C%	Rmm	C%	Rmm	C%	Rmm	C%	Rmm	C%
1979*	1570	777	50	1011	64	783	50	848	54	991	63	916	58	1024	65
1979-80	2992	1447	48	1817	61	1168	39	826	28	1640	55	1030	34	1211	41
1980-81	2814	1369	48	1634	58	1124	40	704	25	1270	45	793	28	1088	38
1981-82	3315	1785	54	2138	65	1610	49	1113	34	1712*	52	1125	34	1769*	53
Moyenne 3 dernier. années	3040	1534	50	1863	61	1301	43	881	29	**		983	32	**	

\* Mise en place Mai 1979

\*\* Changement de pâturage en Janvier 1982

Les ruissellements ont tous été supérieurs à 50% de la pluie lors de la mise en place des pâturages. Par la suite des différences importantes apparaissent suivant le type de graminées implanté.

Dans le cas de prairies bien adaptées, le ruissellement avoisine les 30% : *Brachiaria decumbens* - *Digitaria swalandensis*. Mais dépasse les 60% pour le *Brachiaria ruziziensis*.

L'érosion a été la suivante :

TABLEAU N° 3 - Erosion en parcelles pâturages

Année	Index Pluie	P 1 Pan. max.	P 2 P. ruziz.	P 3 B. USDA	P 4 B. decumb.	P 5 B. Tanner	P 6 Dig. Swaz.	P 7 Pennis.
1979*	372	19,3	28,9	36,1	32,9	30,5	30,6	44,8
79-80	880	0,4	0,7	0,2	0,4	0,6	0,7	0,5
80-81	712	0,4	0,8	0,2	0,4	0,6	0,7	0,4
81-82	861	0,3	0,5	0,3	0,5	0,7**	0,7	2,3**
Moyenne 3 dern. années	818	0,4	0,7	0,2	0,4	**	0,7	**

\* et \*\* idem tableau 2

On note une érosion importante lors de la mise en place des pâturages -jusqu'à 45 tonnes par hectare- mais dès l'année suivante et quel que soit le pâturage choisi, celle-ci se stabilise autour de 0,5 T/ha soit une valeur tout à fait comparable à ce que l'on observe en forêt.

Les exportations par les eaux de ruissellement ont pu être mesurées en ce qui concerne l'Azote, le Phosphore, le Calcium et le Magnesium.

Un premier contrôle des eaux après fertilisations sous forme de 2 kgs de perlurée et 8 kgs de PK 15-10 et 0,6 kg de Sulfate de potasse a donné les valeurs suivantes :

$P_2O_5$  en % de 0,5 à 2  
 $K_2O$  en % de 5,9 à 14,5

Pour Mg et Calcium on a observé de 20 à 98 g de Mg et 86 à 413 Ca.

Une deuxième fertilisation avec 2 Kgs de perlurée, 2 Kgs de supertriple et 1,8 kg de chlorure de potasse, suivie le jour même d'une violente averse a donné les exportations suivantes :

$P_2O_5$	en %	de	4,3	à	25,8
$K_2O$	en %	de	17,1	à	37,2
N	en %	de	11,6	à	29,3
Ca	en %	de	128	à	328 g

On constate que suivant la forme d'engrais et les circonstances climatiques la part de fertilisation prélevée par le ruissellement peut être importante et doit donc être pris en compte pour optimiser la fumure. Le fractionnement de cet apport semble donc être une nécessité.

#### Production végétale

Les premiers rendements obtenus sont tout à fait encourageants pour l'avenir des prairies artificielles sur ce type de sol.

Le *Digitaria swazilandensis* produit par an entre 12 et 13 tonnes de matière sèche de même que le *Brachiaria decumbens*, et le *Panicum maximum*. Par contre, certaines graminées testées n'ont apparemment aucun avenir : *Brachiaria USDA*, *ruziziensis* et *mutica*. Le *Pennisetum* qui se comporte très bien dans les bas-fonds, supporte mal, même en billon, une exploitation intensive.

## II - CONCLUSIONS

L'expérimentation menée en parcelles élémentaires s'avère un complément intéressant de l'étude en bassins versants, tant pour analyser sur des surfaces homogènes les comportements hydriques des différents types de sol, que pour comparer les couvertures végétales et suivre les exportations.

Elle a bien mis en lumière l'influence des couvertures pédologiques sur le ruissellement et l'érosion : sur sols à drainage vertical libre, la part du ruissellement dans le bilan de l'eau ne représente que moins de 1% de la pluie. Avec le blocage du drainage à moyenne profondeur, il passe à 7% et quand le blocage intervient près de la surface, à 15%. L'importance de la saturation des horizons supérieurs sur le ruissellement a de plus été mis en évidence.

La mise en place des pâturages a provoqué une augmentation importante du ruissellement et de l'érosion mais dès la deuxième année, on revient pour une prairie bien adaptée à des valeurs comparables à celles observées en forêt.

=|--|==|--|=

Fig. 1 : Plan d'installation des Parcelles

- P1 *Panicum maximum*
- P2 *Brachiaria ruzizensis*
- P3 *Brachiaria U.S.D.A. puis Pennisetum.*
- P4 *Brachiaria decumbens*
- P5 *Brachiaria mutice*  
"fanner"
- P6 *Digitaria swazilandensis*
- P7 *Pennisetum purpureum puis Hensartia.*
- PW Parcelle Wischmaier

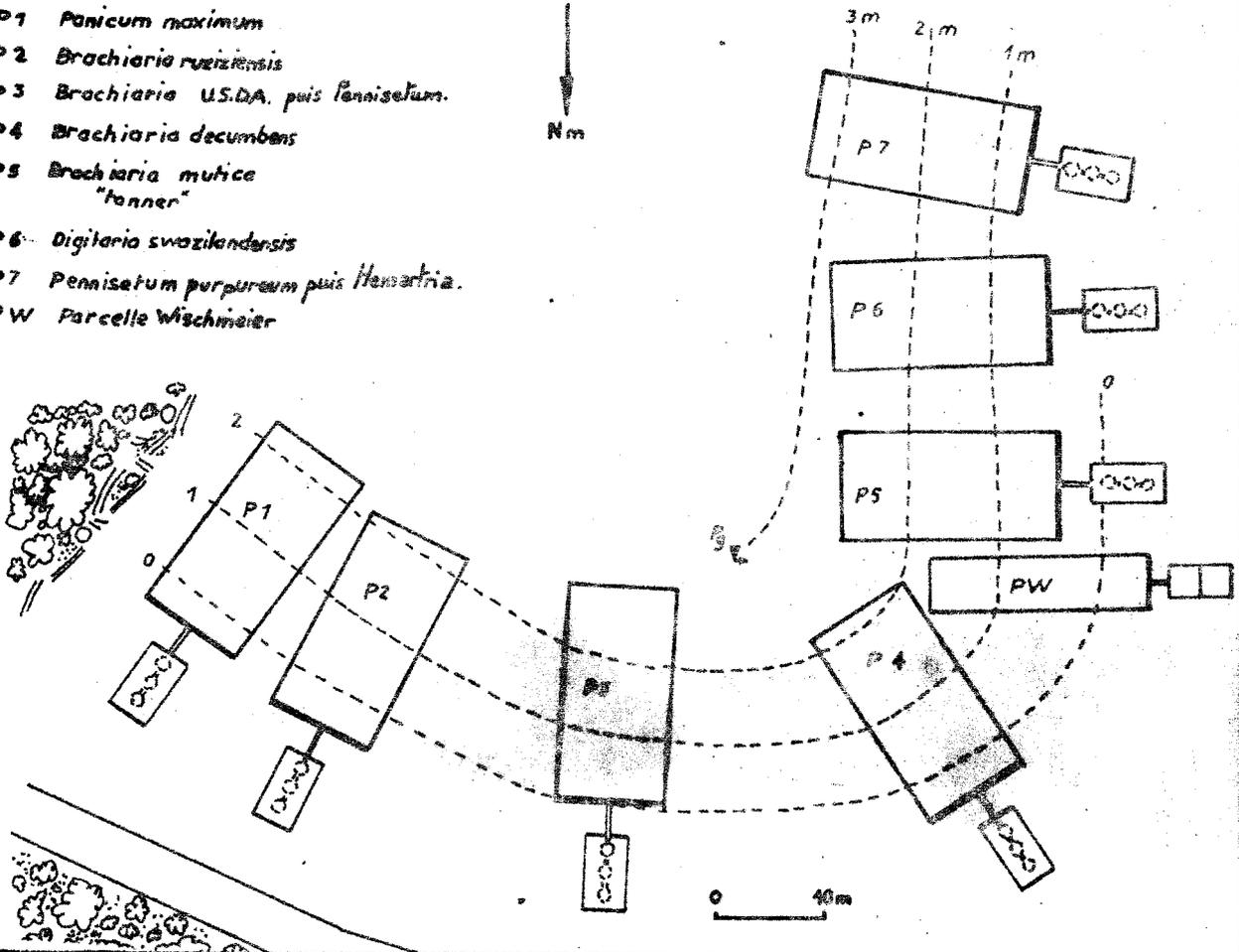
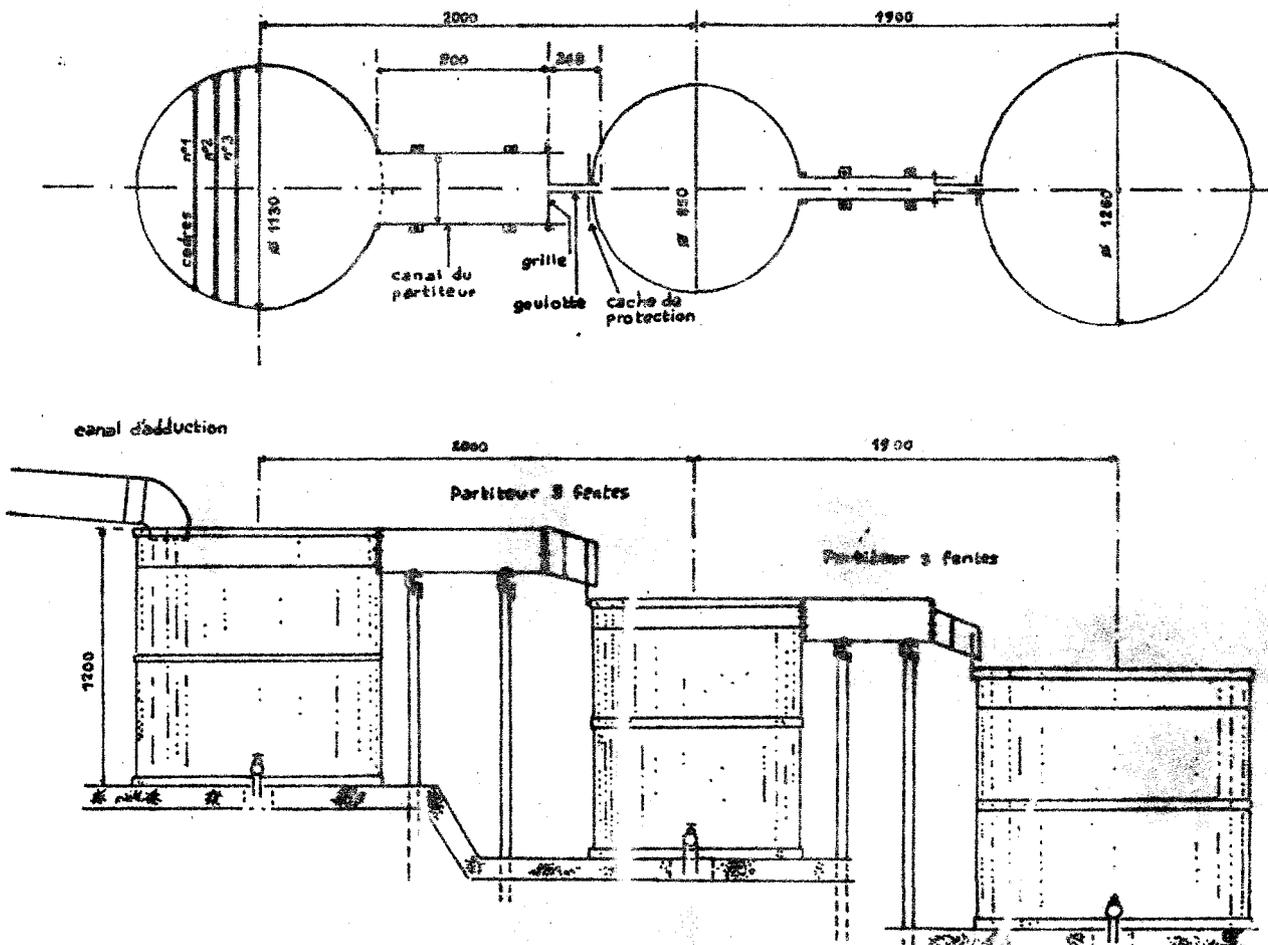
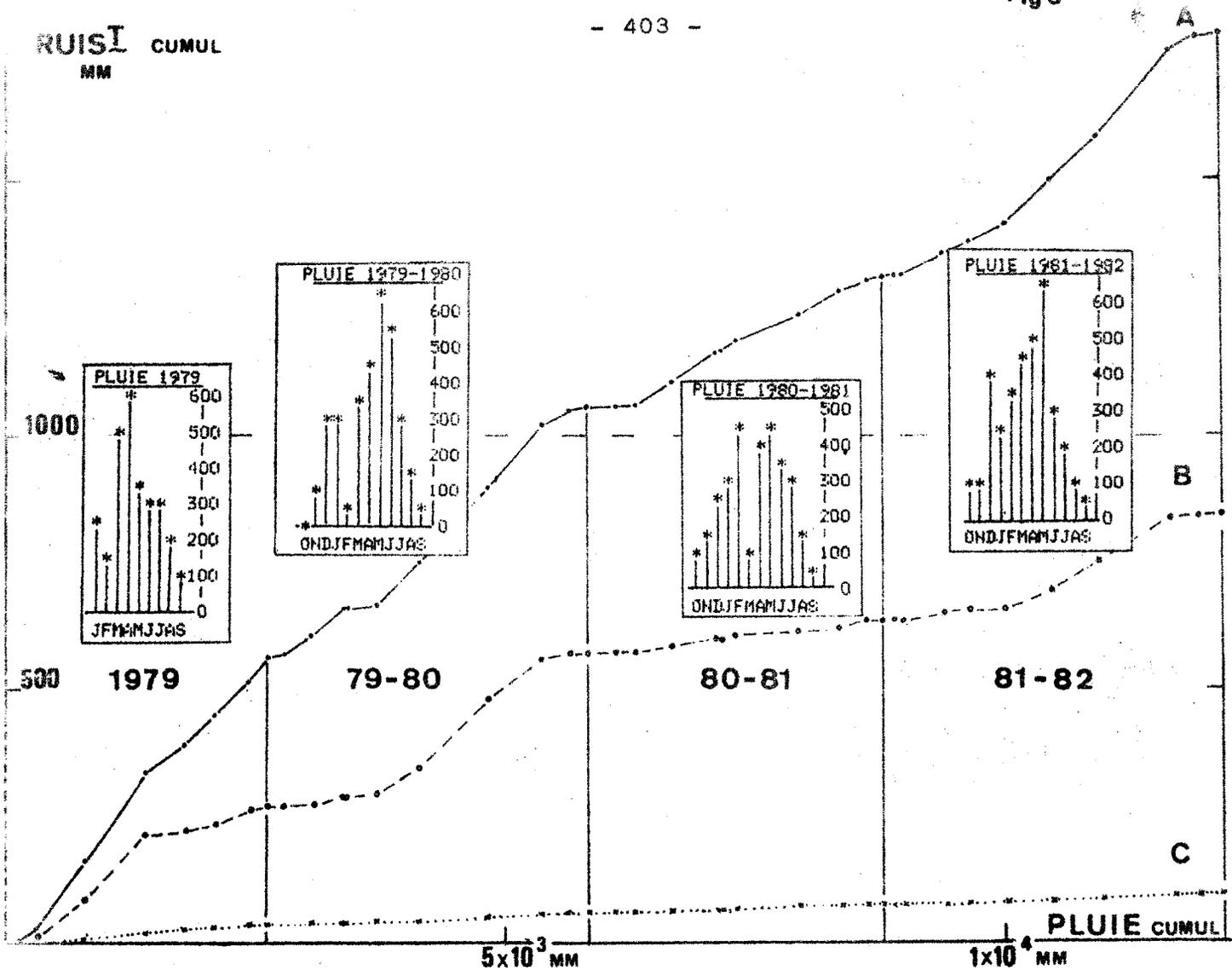


Fig. 2 : Dispositif de mesure



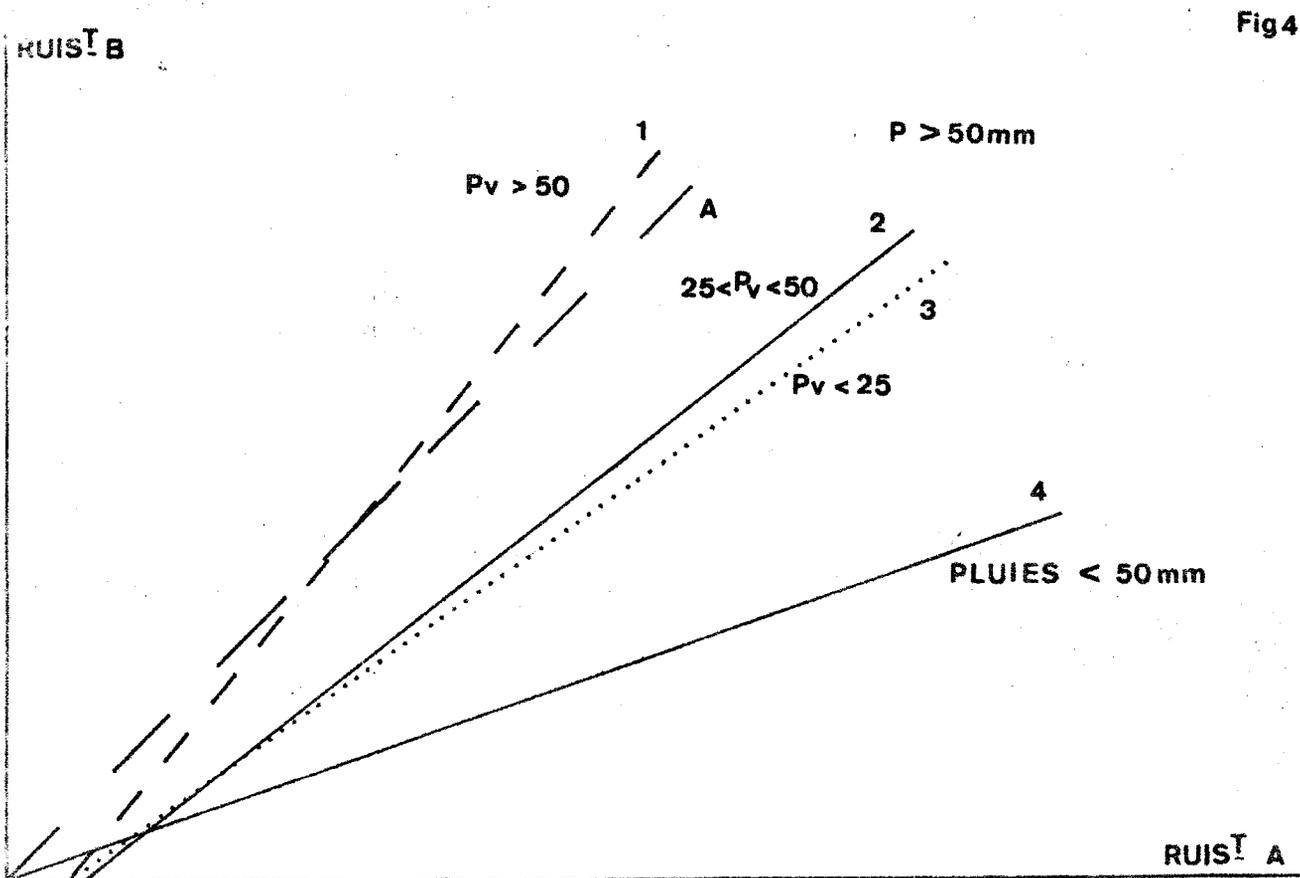
RUISI CUMUL  
MM

Fig 3



RUISI B

Fig 4



DISCUSSION :

Le problème de la pérennité des surfaces fourragères en Guyane se pose. Ici, il est possible, grâce à une bonne caractérisation pédologique, de montrer l'influence du drainage et de la nature des sols sur la production de *Digitaria swalandensis* = rendements, salissures en fonction de la rotation et de la charge animale (BEREAU)

Sur parcelle, avec un fourrage, de bonne venue, bien fertilisé, on trouve une érosion faible, de l'ordre de l'érosion sous forêt.

Sur le bassin A, en pâturage, on a, après une année d'observation, retrouvé le niveau d'érosion sous forêt. Y aurait-il déjà une charge animale au cours de cette première année ?  
Va t-on suivre le comportement du bassin en fonction de la charge ?  
(DUBREUIL)

- Deux années de mesure ont été faites de 1979 à 1981. Le bétail est là depuis 1980. (Introduit 9 mois après la plantation).  
Même après une année de charge, l'érosion mesurée était faible, environ deux fois celle de la forêt. (430 Kg/ha/an sur bassin A et 280 Kg/ha/an sous forêt) (FRITSCH)

- Pourquoi n'avoir pas pris 2 ou 3 parcelles pour mettre des légumineuses, en plus des parcelles de graminées ? (GODON)

- Les légumineuses feront le deuxième volet de recherche. Après 5-6 ans d'essais divers on sait maintenant que les gains de poids sur les pâturages en graminées ne sont pas très bons en Guyane. Il faut apporter une plante donnant un pourcentage de matière azotée beaucoup plus élevé. (8 % pour les graminées, 15 à 16 % pour les légumineuses).

L'introduction de légumineuses diverses est actuellement en cours par l'INRA. (BEREAU)

- Pour les parcelles de ruissellement nous sommes à un tournant. Nous avons des données fiables qu'il ne faut peut être pas poursuivre plus longtemps. Par contre on peut manipuler ces parcelles plus aisément que les bassins versants. Ne pourrait-on étudier en première approximation, des types d'aménagement ou des types de travaux du sol sur ces petites parcelles ? (GODON)

- Un document a été établi par l'IRAT concernant les systèmes de culture proposés et les thèmes de recherche à poursuivre en fonction des types de milieux.  
Pour cette recherche (choix de variétés et de techniques culturales) des expérimentations sont nécessaires par type de milieu. ECEREX pourrait être une implantation. (KILIAN)

.../...

- A ECEREX le pâturage est magnifique. Mais n'y a-t-il pas en GUYANE de mises en pâturages qui n'auraient pas marché pour donner une idée des conséquences sur l'érosion ? (BAILLY)

- De nombreux pâturages ne marchent pas bien en GUYANE. Selon une enquête (VIVIER) au bout de 2 ans il faut refaire 50 % des surfaces fourragères. Pour quelles raisons ?

- La déforestation a-t-elle été bien faite ?
- Les agriculteurs ont-ils planté immédiatement après ?  
ou ont-ils attendus une saison de pluies ?
- Le choix des espèces a-t-il été bon ? (BEREAU)

- On peut dire que tout a bien marché à ECEREX. Mais quant on voit les pertes liées aux grosses pluies après l'apport de l'engrais, quand on y ajoute les pertes par transport profond (lixiviation) on constate que l'engrais efficace est inférieur à 50 % de l'engrais apporté.

Il y a donc une technique à mettre au point pour la fertilisation en climat très pluvieux.

Dans le pâturage il y a un effet de compaction. L'hydromorphie de surface qui va s'y développer, comme le montre le travail de l'INRA sera à l'origine de la disparition du pâturage. (GODON)

- Il est évident qu'il s'agit ici d'un pâturage intensif. Au Brésil, le pâturage est très extensif, sur des fermes de plusieurs milliers d'hectares. Cela a été catastrophique. Plus de 3 millions d'hectares ont été implantés en Amazonie en 3 ans. La moitié est déjà dégradée.

Actuellement l'EMBRAPA se préoccupe d'aménager des pâturages intensifs. Ces pâturages intensifs s'établissent à partir de défrichements nouveaux. Le but de ces fermes est l'approvisionnement des grandes villes. Alors que les grands pâturages extensifs étaient tournés vers l'exportation et se situaient loin des centres urbains. (SCHUBART)

- DOURROJEANI signale qu'environ 28 % des paysages de l'Amérique Latine sont donnés à l'élevage. Vers l'an 2000 il y en aura 34 %. A ce moment la forêt occupera 33 %.

L'élevage est l'activité qui a le plus marqué les paysages d'Amérique du SUD. Il est actuellement entraîné de marquer celui de l'Amazonie, mais de façon néfaste en général. D'où l'importance que l'on attache aux résultats d'ECEREX.

Au Pérou, on considère qu'il y a une tête de bétail/ha. Mais pour chaque hectare sous pâture, on trouve 1 à 2 ha en jachère pionnière. C'est donc en réalité 0,50 tête/ha qu'il faudrait dire. Cette grande extensivité entraîne une grande érosion.

Comme au Brésil on note actuellement un effort vers l'élevage intensif. Mais ce n'est qu'une tendance. Sur certains élevages en Amazonie Péruvienne, vers 2000 m, on trouve jusqu'à 8 têtes/ha, sur de bonnes terres où l'on ne pâture pas mais on coupe l'herbe.

.../...

- En Amazonie Equatorienne, HUTTEL, indique que la technique habituelle est le défrichement de la forêt et la plantation de "gramalote" un *Arenocarpus*. qui est très apprécié des animaux quoique faiblement nutritif. Aussi, le temps de pâturage est-il très long, entraînant de graves dégradations.

Une autre technique utilisée par l'IGNAP ( équivalent de l'INRA pour l'Equateur) est l'association de *Brachyaria humidicola* avec *Desmodium ovalifolium*. Cela donne un mélange équilibré entre graminées et légumineuses.

La régénération des surfaces abîmées par le pâturage ne peut se faire par un autre pâturage. Il faut passer par un stade arboré (Sylviculture, arbres fruitiers...) en Equateur on utilise surtout le Caféier.

- L'Amazonie Bolivienne est une région de savanes arborées. Les inondations recouvrent chaque année 150 à 200 000 Km<sup>2</sup>. C'est là que se pratique l'élevage, dans de mauvaises conditions. L'élevage y est très extensif, sur des ranches de 100 km<sup>2</sup> avec pistes privées pour avions. (ROCHE)

- La D.D.A. de GUYANE FRANCAISE, indique qu'actuellement, environ 5000 ha sont plantés en pâturage, soit la moitié des surfaces totales mises en culture.

Les prévisions sont d'augmenter les surfaces agricoles de 1000 à 2000 ha/an dont la moitié en pâturage. C'est la logique du plan de développement actuel. La charge à l'hectare varie de 1 à 3 têtes.

Actuellement 10 000 bêtes vivent sur 5000 ha. On souhaite faire de l'intensif et non du ranching.

En effet, le prix de revient de l'hectare de pâturage (y compris avec installation et matériel) est de 30 000 Francs. Il faut donc intensifier pour rentabiliser.

DISCUSSION GENERALE

---

---

L'organisation proposée pour cette discussion repose sur quatre points essentiels :

- . ECEREX            Hier et Aujourd'hui  
                      un bilan de recherche
  
- . ECEREX            Demain :  
                      Quelle suite pour le projet ?
  
- . ECEREX            Comment :  
                      Quelle méthode a été utilisée pour répondre à  
                      l'objectif de départ ?
  
- . ECEREX            Ailleurs :  
                      A l'issue de ces débats, quelles sont  
                      les opinions de participants étrangers,  
                      quels intérêts pensent-ils pouvoir retirer ?

ECEREX HIER

=====

Pour mieux situer le débat, DUBREUIL rappelle l'origine du projet ECEREX : imaginer un dispositif d'études expérimentales relativement lourd sur le plan "quantitatif" correspondant au problème majeur posé, la possibilité d'une exploitation papetière d'une certaine surface et les effets d'un défrichement massif. Ce projet a évolué au cours du temps, et d'autres scénarios ont été étudiés sur les bassins versants en fonction des discussions avec les différents décideurs locaux.

SCHUBART

Pour ouvrir la discussion, je voudrais être l'interprète de P. SCHMIDT qui, devant partir, m'a laissé trois questions à vous poser :

1 - WHAT ABOUT NUTRIENTS. ?

De nombreux éléments très importants dans les écosystèmes n'ont pas été évoqués : pH, capacité d'échange des cations, quantités de N, P, K, Ca, Al... du sol ou de la phytomasse...

Au Surinam, on a pu mesurer que 20 % de l'azote de l'écosystème est contenu dans la phytomasse vivante ; que 70 % de P, K, Ca, Mg... se trouve aussi dans cette phytomasse vivante. Tout cela équivaut à environ 14 000 \$ par ha d'engrais chimique ! (prix Surinam 1980).

Rien n'est dit sur l'ensemble des racines, complexe de litière, mycorhizes, matière organique du sol et des racines et son fonctionnement dans l'absorption des ions de la litière (cf. travaux de JORDAN et HERRERA au Venezuela).

LESCURE rappelle que les sols sont très pauvres en nutriments sur le site d'ECEREX. Le facteur important très vite apparu est lié à la propriété physique du sol. L'accent a donc été mis là-dessus.

Mais il est bien sûr possible d'ébaucher un bilan des nutriments. Les pédologues ont des données sur leur présence dans les sols, et les hydrologues sur les exportations de nutriments, et même sur les importations par les pluies. Les botanistes ont des données sur la biomasse et actuellement des analyses sont en cours pour estimer la minéralomasse dans cette biomasse.

Il est vrai que nous avons un "trou" en ce qui concerne le rôle de la masse racinaire. Malgré les travaux d'HUMBEL, sur la répartition des racines en fonction des types de sols, on peut dire que ce problème n'a guère été abordé.

.../...

HUMBEL indique que l'accent a été mis sur O<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O (oxygène et eau) auxquels les autres nutriments sont subordonnés. L'eau utile, c'est de l'eau assimilable et par conséquent les nutriments ont bien été pris dans le bon ordre.

BOULET rappelle également que si l'accent a été mis sur le facteur physique des sols qui était prépondérant, il existe dans les communications fournies, des données sur les propriétés chimiques des sols sous forêt naturelle et après défrichement. De même que pour la matière organique où une communication a été adressée, l'auteur n'ayant pu venir.

2 - La seconde question de P. SCHMIDT est :  
WHAT ABOUT SOIL COMPACTION ?

Le défrichement mécanisé entraîne un compactage du sol en réduisant le volume des pores. Il s'en suit un manque d'aération et des problèmes de percolation de l'eau.

Cela a-t-il influencé la caractéristique du sol (DVL ou DVB) ?

Le tracteur forestier à pneus compacte le sol tandis que le bull à chenilles n'est dangereux que lorsqu'il pousse ou qu'il tourne selon le type d'appareil utilisé, le danger est différent.

SARRAILH signale les travaux réalisés sur ce sujet en Guadeloupe par l'INRA. GAZEL renvoie à la communication de AYPHASSORO concernant les bassins G et H : pins et eucalyptus ont des hauteurs variables que l'on peut rattacher à la méthode de travail du sol et d'endainage. La zone d'andains brûlés est une zone de forte croissance. En dehors des andains : sols compactés et faible croissance des arbres. Ceci est une observation courante sur tous les chantiers de plantations.

DOURROJEANI indique qu'en Amazonie Péruvienne les travaux de SANCHEZ ont montré que les récoltes étaient inférieures de 150 %, sur trois années de suite dans des terres travaillées au bull par rapport à des terres travaillées traditionnellement et défrichées à la main. C'est le décapage du bull qui est dangereux plus que la pression au sol qui est faible.

BARBIER demande si des méthodes de travail de la terre après la phase de défrichement, ne pourraient rehomogénéiser le sol et tempérer le mal causé par le défrichement.

3 - La troisième question de P. SCHMIDT est :  
WHAT ABOUT MONEY ?

Quelle est le coût du maintien (running costs) des méthodes de cultures utilisées ? Ce coût devrait être remboursé par les récoltes.

.../...

SARRAILH indique que les difficultés rencontrées pour faire effectuer les défrichements des bassins ont entraîné des coûts non réalistes en exploitation réelle (petites surfaces de bassins, longueur du trajet pour amener le bull...)

L'échelle économique est bien sûr différente. Le coût de la main d'oeuvre est également particulier en Guyane par rapport aux autres pays Amazoniens. La comptabilité des coûts aurait été peu significative en vue d'une extrapolation.

DOMALLAIN indique que le coût de défrichement moyen est de 10 000 francs/ha en Guyane. Les arbres sont coupés à la "lame rome", poussés au "rateau fléco" puis andainés. Durée d'utilisation du tracteur : 10 à 15 h /ha. Mais on choisit en général des terrains plus vastes que ceux d'ECEREX.

KAHN déplore qu'à côté de l'énorme efficacité scientifique d'un projet, on constate un total irréalisme au niveau des aménagements. Après le stade d'acquisition des connaissances, il est bien évident qu'il faudra penser au développement.

Pour revenir au bilan d'ECEREX, HUMBEL regrette que rien n'ait été entrepris au niveau de l'évolution des versants ; KILIAN de son côté souhaite qu'une réflexion puisse être engagée sur la possibilité d'une extrapolation des résultats au niveau des unités du paysage de la Guyane sur socle et au niveau d'autres régions climatiques plus vastes. De même qu'une réflexion doit se faire pour passer de la parcelle au versant exploité.

L'extrapolation des caractères pédologiques à l'ensemble des schistes Bonidoro est aisée. Les études ultérieures l'ont montré. L'expérience ECEREX a pu également donner une idée de ce qui pourrait se passer sur migmatites ou sur schistes de l'ORAPU où des systèmes parents ont été identifiés. Mais des extrapolations plus lointaines demanderaient des études préalables quant à la compréhension de l'organisation et de la dynamique des paysages. (BOULET)

Le coût de la recherche apparaît comme une préoccupation essentielle de plusieurs participants. Lors d'une exposition récente en France, le titre donné à l'expérience ECEREX était : 100 chercheurs à l'hectare ! Il est certain que cela est difficile à chiffrer :

- importance du nombre de chercheurs sur place (CTFT, INRA, ORSTOM)
- nombreuses missions du Museum, du CNRS, de l'Université.
- laboratoire d'analyse de l'ORSTOM

ECEREX DEMAIN

---

Comment valoriser les résultats acquis ? Quelle suite ?  
BAILLY souhaite interroger les décideurs. Qu'ont-ils utilisé des résultats connus ?

DOMALLAIN pense que tout ce qui a été dit ou écrit n'est pas utilisable facilement par l'aménageur.

Par contre, l'étape actuelle, avec l'acquisition des premiers résultats agronomiques a un intérêt direct. La phase théorique initiale était bien sûr nécessaire, mais il faut environ 5 ans pour obtenir des résultats applicables ; il ne faut donc surtout pas s'arrêter maintenant, mais utiliser l'infrastructure pour tirer les enseignements transposables.

GAZEL reconnaît l'enrichissement de la connaissance du milieu naturel, en botanique notamment. Mais il est plus réservé pour les enseignements tirés des opérations sylvicoles, le délai minimum pour des réponses significatives était de 5 ans environ. Il faut recommander la maintenance des observations, l'étude des coûts d'entretien dans l'avenir, et continuer à tirer le maximum de renseignements.

Un des enseignements d'ECEREX aurait été que pour se lancer dans une opération de recherche dont le but est de comprendre le milieu en vue de l'utiliser, on ne peut pas à priori éliminer un des volets de la recherche fondamentale qui permette de comprendre aussi complètement que possible ce milieu, quelle que soit l'utilisation ultérieure. (BOULET)

Le projet ECEREX paraît avoir été commandé par l'importance des types de drainage. En Côte d'Ivoire, le projet TAI, reposait sur l'importance de l'homme.

L'interdisciplinarité s'est fait à TAI entre les Sciences Humaines. A ECEREX, il n'y avait pas de contexte culturel à respecter (KAHN - GUILLAUMET)

- DOURROJEANI insiste sur l'apport d'ECEREX dans des domaines très pratiques ici par exemple que l'on puisse envisager de cultiver, sans dramatiques problèmes d'érosion, des pentes vallonnées courtes quoique fortes ; ou encore le fait d'accumuler des andains perpendiculaires à la pente et avoir cependant de bonnes retenues de matières. Cela peut s'appliquer tout de suite ailleurs en Amazonie. Il faut absolument continuer ces recherches, mais en se posant des questions. Aujourd'hui la Guyane est vide d'hommes mais demain ne sera t-elle pas semblable au reste de l'Amazonie ? Déjà les immigrants y sont nombreux. Il faut donc appliquer une philosophie de développement rural. Quel développement ? Industrie papetière ? Grande plantation ? Développement rural intégré ? La suite d'ECEREX devra reposer sur ces interrogations et ne pas perdre de vue le contexte "conservation". Par exemple, les déboisements, conserver des stocks génétiques et non déforester sur d'immenses surfaces d'un seul tenant. On permet ainsi des repeuplements facilités. L'importance de la vie sauvage ne doit pas non plus être oubliée.

.../...

TORRES ESPINOZA indique que les enseignements de ces journées sont aussi très importants pour l'Amazonie Equatorienne. Il faudra tenir compte, avec des adaptations bien sûr, de ces enseignements pour améliorer les conditions de mise en valeur de ces régions, où les conditions socio-économiques sont cependant tout à fait différentes.

- LESCURE remarque en effet que la présentation du projet ECEREX peut paraître en quelque sorte désincarnée. Cela peut être préjudiciable à l'idée que nos collègues étrangers pourraient en garder. Aussi la portée serait limitée si on ne précisait pas qu'il existe d'autres travaux réalisés en Guyane permettant d'éclairer les résultats obtenus sur ECEREX. Par exemple, sur le Haut Oyapock, mode de vie et productivité ont été étudiés. De même chez les Palikur, de St-Georges, ou chez les Boni du Maroni (travaux de HURAUULT, OTHILY);

Au plan de la vie sauvage : travaux du Museum sur l'ARATAYE (DUBOST) étude des Marsupiaux et Chauve-Souris (CHARLES-DOMINIQUE) et leur rôle dans la dispersion des graines et la régénération. Les chercheurs d'ECEREX, ont ainsi presque tous travaillé ailleurs en Guyane.

SCHUBART suggère que tout ce qui a été mis en évidence ici, puisse être intégré dans un modèle simple consacré au milieu naturel essentiellement. On pourrait ensuite continuer différents scénarios comme cela a été suggéré par DOURROJEANI.

Plusieurs questions demeurent encore sans réponse. Pour orienter ECEREX demain, DUBREUIL pose la question : quelle politique de développement rural est envisagée en Guyane ? Les aménagements "agro-sylvo-pastoraux" envisagés il y a six ans à ECEREX sont-ils ceux qui seraient envisagés demain ? ...

La valorisation intrinsèque d'ECEREX passe toutefois par la réalisation d'un document montrant les acquis, les lacunes, comme le suggérait SCHUBART.

LUCAS tente de donner une vue synthétique d'ECEREX. Actuellement un certain niveau de connaissance et de compréhension du milieu naturel sur schistes Bonidoro est atteint. Cette connaissance fait apparaître des relations entre les données des différentes disciplines et permet d'orienter une recherche d'application (pâturages, pins...) avec un fil directeur "pédologique". Mais cette connaissance de base n'est ni complète, ni définitive. La principale différenciation qui a guidé les recherches (drainage vertical libre ou bloqué) laisse ignorant du mécanisme de base. Des mesures ont bien été faites par les hydrologues, mais elle aboutissent à des bilans de "boîtes noires". Il est donc essentiel de poursuivre les recherches de base, au moment où l'on commence à avoir rétroaction entre les premiers résultats des recherches d'application et la recherche de base. Si le fil directeur était "pédologique", les fils en retour doivent venir de toutes les disciplines. Ainsi les études botaniques et la croissance des pins et eucalyptus ont montré l'importance de l'hydromorphie de surface, caractère qui ne paraît pas important au départ. Il est essentiel que maintenant on puisse expliquer les différences de croissance des arbres, ce qui est une condition sine qua non de l'extrapolation des résultats à un autre milieu que celui d'ECEREX.

ECEREX COMMENT ?

Ces derniers exemples montrent bien la constante liaison entre recherche de base et recherche-développement, et leur enrichissement réciproque.

HUMBEL attire l'attention sur certaines techniques qui pourraient être utilisées quels que soient les objectifs : télédétection, marqueurs nucléaires et autre conception des cases d'érosion.

Les placettes des botanistes font 20m x 20m et les différenciations mises en évidence sont de l'ordre du décamètre, les bassins versants de l'ordre de grandeur du "pixel" des futures données radiométriques de satellites tels que SPOT. Il faudrait envisager plus tard l'apport possible de la télédétection, essentielle pour l'étude diachronique des évolutions sous culture, des aménagements.

La faible taille des bassins versants et la rapidité et la faible profondeur des écoulements des flux, font penser à l'utilité de marqueurs nucléaires comme moyens d'investigation. La diffusion des engrais par exemple pourrait être suivie et on aurait une meilleure compréhension du fonctionnement des flux.

Les cases d'érosion ont été conçues dans un but comparatif et sont fermées à l'amont et sur les côtés. On pourrait concevoir des case d'interception linéaire dans lesquelles on aurait mesuré l'écoulement sur une dizaine de mètres, longueur suffisante pour englober la maille de l'hétérogénéité des flux liquides sur le sol. On aurait une meilleure réponse qu'avec les compartiments stéréotypés d'une case fermée ne fonctionnant pas dans les conditions naturelles (privées du ruissellement venant de l'amont). Les corrélations avec les écoulements à l'exutoire seraient plus étroites.

BAILLY rappelle l'importance, pour d'autres projets, de maintenir ensemble des chercheurs d'origines diverses, associés aux décideurs et se rencontrant souvent et confrontant leurs approches pluridisciplinaires.

Pour HUMBEL, les caractéristiques de l'objet étudié et des objectifs poursuivis, ont des conséquences. Ici l'objet d'étude est petit, complexe, contrasté. De plus on cherche à la fois à comprendre et à utiliser le milieu.

La taille réduite des bassins versants, liée, au développement précoce du lit majeur est une donnée imposée par le milieu naturel, mais aussi par l'objet d'étude puisque l'on s'intéresse au ruissellement et à l'érosion.

.../...

La caractérisation faite par les pédologues a été de ce fait très détaillée (travaux sur échantillons d'1 ha.) Mais il n'est pas possible de trouver dix emplacements identiques de la taille de 1 ha. pour tester les différents traitements. On est obligé, dans les dix bassins de combiner toutes les situations possibles. Dans la mesure où un spécialiste simplifie à priori les données qu'il acquiert pour les livrer aux autres, on se complique généralement la vie à posteriori. Ce n'est qu'en livrant totalement l'information, mais avec un fil directeur qui aide à la mémoriser, que les autres disciplines peuvent venir "piquer" et déterminer elles-mêmes ce qui est essentiel pour leur objet d'étude.

Un point important est aussi la diffusion rapide des connaissances entre chercheurs. Le bulletin ECEREX a été primordial pour cela. (SARRAILH)

BLANCANNEAUX rappelle que ce modèle est inconnu ailleurs en Amérique du Sud où de nombreux projets pluridisciplinaires sont en cours. Une synthèse s'impose et on devra lui donner une large diffusion.

Pour HUMBEL, l'originalité du projet est de mêler un objectif appliqué à un objectif de connaissance du milieu. La démarche est très féconde. L'utilisation des réactions de l'aménagement permet de mieux comprendre l'objet d'étude, y compris le milieu naturel. C'est une application de la méthode expérimentale. L'interdisciplinarité amène chacun à plus de rigueur scientifique et de pondération des facteurs. Cela évite que chacun reste à son propre schéma explicatif mais fasse au contraire appel à des explications relevant d'autres compétences.

Toute opération de développement doit comporter une étape de diagnostic, à l'amont et aussi à l'aval. A l'aval notamment on peut tester les réactions soit de certaines unités cartographiques (du point de vue de leur dynamique) soit du point de vue l'introduction des systèmes de culture face au milieu. Ces diagnostics permettent de "régler le tir" des expérimentations agronomiques et de mieux connaître le milieu physique. Il doivent se renouveler périodiquement. (KILIAN)

Un document synthétique (200 pages) demandé par le groupe ECAR sera produit en 1984. Plusieurs chercheurs participants proposent qu'une synthèse par discipline soit réalisée (SARRAILH). Il est certain que si une partie des travaux peut être reprise, autour d'un thème, la plus grande partie aurait du mal à cadrer car les problématiques n'ont pas été les mêmes. Mais des articulations pourront être trouvées entre ces parties (BOULET-FRITSCH-LESCURE).

DOURROJEANI propose, qu'outre des documents de synthèse à l'usage des décideurs ou des scientifiques, soit réalisé un programme audio-visuel, au besoin un film, qui serait distribué au pays voisins.

## ECEREX AILLEURS

L'ensemble ou certaines parties seulement, sont-ils utilisables tels quels ? Ou transposables avec des modifications ? Peut-on envisager un suivi de ces journées ? Une ouverture sur le tropique humide américain ?

Il y a un risque de voir s'installer sur ces schistes, une industrie de fabrication de copeaux de bois, laissant des terrains peu utilisables pour l'agriculture ou l'élevage. Il y a aussi des agriculteurs dont le système d'abattis se modifie le long des routes, en partie sur des schistes semblables à ceux d'ECEREX.

Un paysage agraire sensiblement nouveau peut être ainsi approché et les chercheurs pourraient se pencher sur une méthodologie permettant de passer de la parcelle ECEREX à un zonage de la bande côtière intéressée par les schistes de Bonidoro. Ce serait un minimum avant d'envisager un transfert de méthodologie. (GODON)

LESCURE voudrait signaler qu'on ne doit pas se polariser sur les choix faits ici. En fonction des connaissances acquises, les critères botaniques ou hydrologiques pourraient s'avérer comme prépondérants. La démarche ne peut donc être généralisée d'emblée.

ECEREX est le produit d'un milieu. On ne peut donc le transposer tel que. Mais après cela, ce dont on est sûr, c'est qu'il ne faut pas se lancer dans une étude de milieu naturel dans le but de l'utiliser et d'en comprendre son fonctionnement, sans avoir déjà une idée assez bonne du milieu permettant de concevoir un dispositif. Par exemple, l'étude actuelle conjointe ORSTOM/INPA, dans les environs de Manaus, montre qu'aucun des dispositifs ECEREX ne paraît transposable. Par contre, certains résultats généraux sont transposables. Par exemple, le fait que l'organisation des sols a des implications qui peuvent être directement reliées à des connaissances comme l'écoulement, le ruissellement d'un bassin versant. De même, les relations entre la forêt tropicale humide et l'organisation et la dynamique du sol. (BOULET)

Ailleurs, en Equateur par exemple, avec le projet INCRAE, l'homme est au Centre de la situation. Il existe un peuplement indigène, des colons de statuts très différents, sur des sols très variés, d'où un croisement de situations socio-économiques et pédologiques. ECEREX n'y serait pas transposable tel quel.

.../...

Des parcelles d'érosion ? peut être, mais il y a de grandes différences d'échelles : forêt, plantations de palmiers, champs de maïs, de manioc... Il faudrait des parcelles de taille très différentes. Elles ne sont ainsi plus comparables entre elles, mais plus justes en valeur absolue pour la connaissance du ruissellement et de l'érosion sur les parcelles agricoles. (HUTTEL-TORRES ESPINOZA).

En Amazonie Brésilienne, on assiste à des expérimentations en vraie grandeur (par exemple le JARI pour la pâte à papier, DENDE pour les plantations de palmier à l'huile...) Mais les conclusions tirées ne sont pas encore connues. (SCHUBART)

Si le dispositif d'ECEREX n'est pas exportable tel quel, la méthodologie est intéressante pour nous. Les spécialités développées ici, le sont vraiment très peu au Pérou. Pédologues et Hydrologues sont présents sur la Côte, en milieu désertique, mais pas en Amazonie où l'on trouve éleveurs, agriculteurs, forestiers et agronomes. Aussi ECEREX a-t-il une grande valeur pour nous, comme en ont aussi les travaux de l'INPA au Brésil. L'intérêt est certainement grand aussi pour la Colombie, l'Equateur, la Bolivie...

Pour les chercheurs de ces pays, il serait du plus grand intérêt de pouvoir participer aux recherches (crédits de coopération technique ?) et de développer un système de diffusion des résultats, à travers des stages, des réunions, des publications, un film... (DOURROJEANI)

CONCLUSION

Sans vouloir dresser un bilan immédiat, nous pensons que sur les quatre points évoqués dans la discussion générale, il se dégage quelques acquis importants :

- Il y a eu à ECEREX un montage pluridisciplinaire réussi ; une approche originale, avec un objectif de recherche finalisé, un regard vers le développement. On a bien vu la nécessité d'allers et retours entre la recherche de base et la recherche-développement.

- La grande importance dans le bilan, du défrichement est apparue nettement ; particulièrement de la première année suivant le défrichement. Des risques énormes peuvent apparaître si le défrichement est mal fait. (en saison des pluies notamment).

- Nous sommes convaincus qu'ECEREX doit continuer car tout n'est pas encore acquis, surtout en ce qui concerne les aménagements qu'il faudra encore développer pour tenir compte de tous les systèmes de production.

- Il faudra aussi penser à la notion de changement d'échelle, de la parcelle au bassin mais aussi du bassin à l'échelle régionale, en vue des généralisations.

- La demande essentielle sortant de nos entretiens est que très vite nous avons besoin de produire un document de synthèse à diffuser en zone latino-américaine et vers les collègues d'autres régions du tropique humide. Cette synthèse diverse comporte un catalogue des recommandations à suivre.

- DOURROJEANI, tient à ajouter la reconnaissance des chercheurs sud-américains pour cette invitation qui a leur permis d'apprendre beaucoup, tout en bénéficiant du meilleur accueil.

Merçi à eux d'être venus nous enrichir de leur expérience et de leurs remarques.

Merçi également au Centre ORSTOM de Cayenne pour le succès de cette réunion dans une organisation parfaite.

(BAILLY-DUBREUIL)