

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE ORSTOM DE CAYENNE

CARIBBEAN FOOD CROPS SOCIETY -

10th ANNUAL MEETING - 11 - 17 Juin 1972

DYNAMIQUE DE LA MATIERE ORGANIQUE
SOUS VEGETATION DE SAVANE, EN GUYANE FRANCAISE

J.-F. TURENNE

Pédologue

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Centre ORSTOM de CAYENNE

97301 - CAYENNE

11 JUL. 1972

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

Collection de Référence

B n° 5537

DYNAMIQUE DE LA MATIERE ORGANIQUE
SOUS VEGETATION DE SAVANE, EN GUYANE FRANCAISE

J.-F. TURENNE (1)

Pédologue

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Centre ORSTOM de CAYENNE
97301 - CAYENNE

SOMMAIRE.

Dans les savanes de la plaine côtière ancienne de Guyane Française, l'évapotranspiration calculée Penman, l'humidité au champ, sont mises en relation avec les phénomènes de polymérisation et de dépolymérisation saisonnière, et avec l'activité biologique. Ce travail montre les variations dans la quantité de matière organique, les parts prises successivement par les acides fulviques, les acides humiques mobiles et immobiles à l'électrophorèse, et la fraction non extraite ou "humine" au cours des successions de périodes d'assèchement, de dessiccation, de réhumectation.

Ces changements peuvent apparaître dès lors que le sol est soumis à des périodes climatiques très différentes et dépendent de la valeur de l'humidité au champ, et de cette valeur par rapport aux valeurs précédentes ou suivantes dans la succession des saisons.

SUMARIO

En las savanas de la llanna costera antigua de la Guiana francesa la evapotranspiración calculada método Penman, la humedad del suelo, son puestas en relacion con los fenómenos de polimerización y de depolimerización ajustadas a estaciones y con la actividad biológica. Este trabajo demuestra las variaciones en la cantidad de la materia orgánica, las partes tomadas successivamente por los acidos fulvicos, los acidos humicos mobiles y immobiles sobre la influencia de electroforesis y la fraccion non extraida (o humine) al curso de sucesiones de periodos de desecamiento, de desecacion y de rehumectación.

Estos cambios pueden aparecer cuando el suelo esta sometido a periodos climáticos muy distintos y dependen del valor de la humedad del suelo y de este valor respecto a los valores precedentes o siguientes en la sucesion de estaciones climáticas.

SUMMARY

Calculated Penman evapotranspiration and soil moisture are related to seasonal formation of polymeric or weakly polymerised fractions and to biologic activity. This work shows the variations in total amount of organic matter, and in the successive ratios of fulvic acid, non moving humic acid, and moving humic acid, and non extractible fraction "humine", during seasonal succession of drying periods and humidifying ones. These variations can be expected whereas the soil is submitted to seasonal variations and depend on soil moisture, this value being compared to proceeding or following soil moisture values in the year.

(1) Avec la collaboration pour les analyses et les extractions de matière Humique : MM. J.-L. THIAIS - G. LAPLANCHE
Centre ORSTOM de Cayenne.

DYNAMIQUE DE LA MATIERE ORGANIQUE
SOUS VEGETATION DE SAVANE, EN GUYANE FRANCAISE

J.-F. TURENNE
Pédologue

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER
Centre ORSTOM de CAYENNE
97301 - CAYENNE

La Plaine Côtière ancienne forme en Guyane Française une bande étroite d'environ 1.500 Km², parallèle à la côte, entre les marécages et mangroves côtiers au Nord, et le socle précambrien au Sud. C'est un paysage de savanes formé sur un dépôt de vieilles barres pré littorales (pleistocène) à base de sables fins argileux, parcouru par des galeries forestières humides. Dans ces savanes deux types de sols dominant : podzols et sols podzoliques (USDA spodosols) et sols ferrallitiques fortement désaturés lessivés (M. SOURDAT 1965) - (SOURDAT - DELAUNE, 1970. - TURENNE J.F. 1967 - 1970) (USDA plinthic ochric tropudult).

Le climat de la plaine côtière présente plusieurs caractères particuliers dont l'extrême variabilité des précipitations, l'existence d'une saison écologiquement sèche au seuil de 30 mm. de pluies mensuelles, ces caractères donnant une saison sèche accusée à déficit hydrique très marqué. La station de Sinnamary montre par exemple (J.F. TURENNE 1967) sur une période de douze ans (1955 - 1966) : 0 à 5 mois par an à pluviométrie mensuelle inférieure à 30 mm., 1 à 4 mois par an de 30 à 100 mm., et 5 à 9 mois supérieurs à 100 mm. . Nous utiliserons dans cette étude les données de la station climatologique de Kourou (1956 - 1965 - moyenne annuelle : 2421 mm. de pluies). En calculant l'évapotranspiration selon la formule de Penman, on peut définir pour l'année 1969 - 1970, un certain nombre d'événements remarquables : A partir du moment où la pluviosité croissante devient égale à la moitié de l'E.T.P. ($P = 0,5 \text{ E.T.P.}$) (FRANQUIN 1969⁽¹⁾) commence la saison humide. Celle-ci, se poursuit jusqu'au moment où l'E.T.P. devient supérieure à la pluviosité. A partir, de là, s'installe la saison post-humide puis la saison sèche. La saison pré-humide va du moment où la pluviosité égale $0,5 \text{ E.T.P.}$ jusqu'à $P = \text{E.T.P.}$ (fig. 1 a).

(1) - FRANQUIN 1969, cite HUTCHINSON et Alt (1959) : évaporation du sol nu, en début de saison sèche = $0,33 E_o$; SLATYER (1966) en période d'assèchement avec averse $0,30 E_o$; observant que E_o est calculé habituellement avec albédo de 0,05, il estime que $1/3 E_o$ est voisin de $1/2 \text{ E.T.P.}$, calculé avec albédo de 0,25. TURC (1961) - (1953) montre par les calculs dans les conditions de son étude que le sol nu reconstitue ses réserves lorsque les précipitations mensuelles dépassent $0,5 \text{ E.T.P.}$

Nous distinguerons donc les phases dynamiques :

- B₂ C₂ période post-humide - assèchement P.< E.T.P.
- C₂ A₁ saison sèche - dessiccation
- A₁ C₁ saison pluvieuse
- A₂ B₁ saison préhumide - réhumectation P.< E.T.P.
- B₁ B₂ saison humide - saturation P.> E.T.P.

Ces différentes périodes apparaissent pour la saison sèche de l'année 1969 Fig. 1 b, qui représente l'analyse par périodes de 10 jours de différents éléments climatiques, pour la station de Kourou.

- MATERIEL et METHODES.

Les analyses portent sur des échantillons d'horizon A₁ (0 - 8 cm.) de sols ferrallitiques sous savanes prélevés à intervalles réguliers, en fin de la dernière décade de chaque mois. Ils sont répartis en 4 sites différents (savane Matiti - Savane de Corossony - Savane Bordelaise - Savane Combi) à raison de trois prélèvements par site ; on détermine l'humidité au champ de l'échantillon au moment du prélèvement.

Sur les échantillons séchés à l'air : (J.-L. THIAIS 1967) le carbone est dosé par la méthode Walkley et Black, l'azote par la méthode Kjeldahl modifiée ; les acides humiques sont extraits par le pyrophosphate de sodium 0,1 M, acides fulviques et humiques sont séparés par l'acide sulfurique ; le dosage est effectué sur la matière sèche par oxydation au bichromate de potassium. Les acides humiques sont soumis à l'électrophorèse (d.d.p. 7 volts/cm.)

L'instabilité structurale est mesurée par la méthode décrite par HENIN (1970) (détermination des taux d'agrégats stables sans prétraitement, et après prétraitements à l'alcool et au benzène).

Le dégagement du gaz carbonique est mesuré par incubation sept jours à 30° en enceinte close, sur échantillon réhumecté. (DOMMERCUES 1960).

Caractéristiques des sols prélevés (prélèvement en fin décembre 1969)

Végétation : savane haute herbeuse à Schyzachirium et Trachypogon.

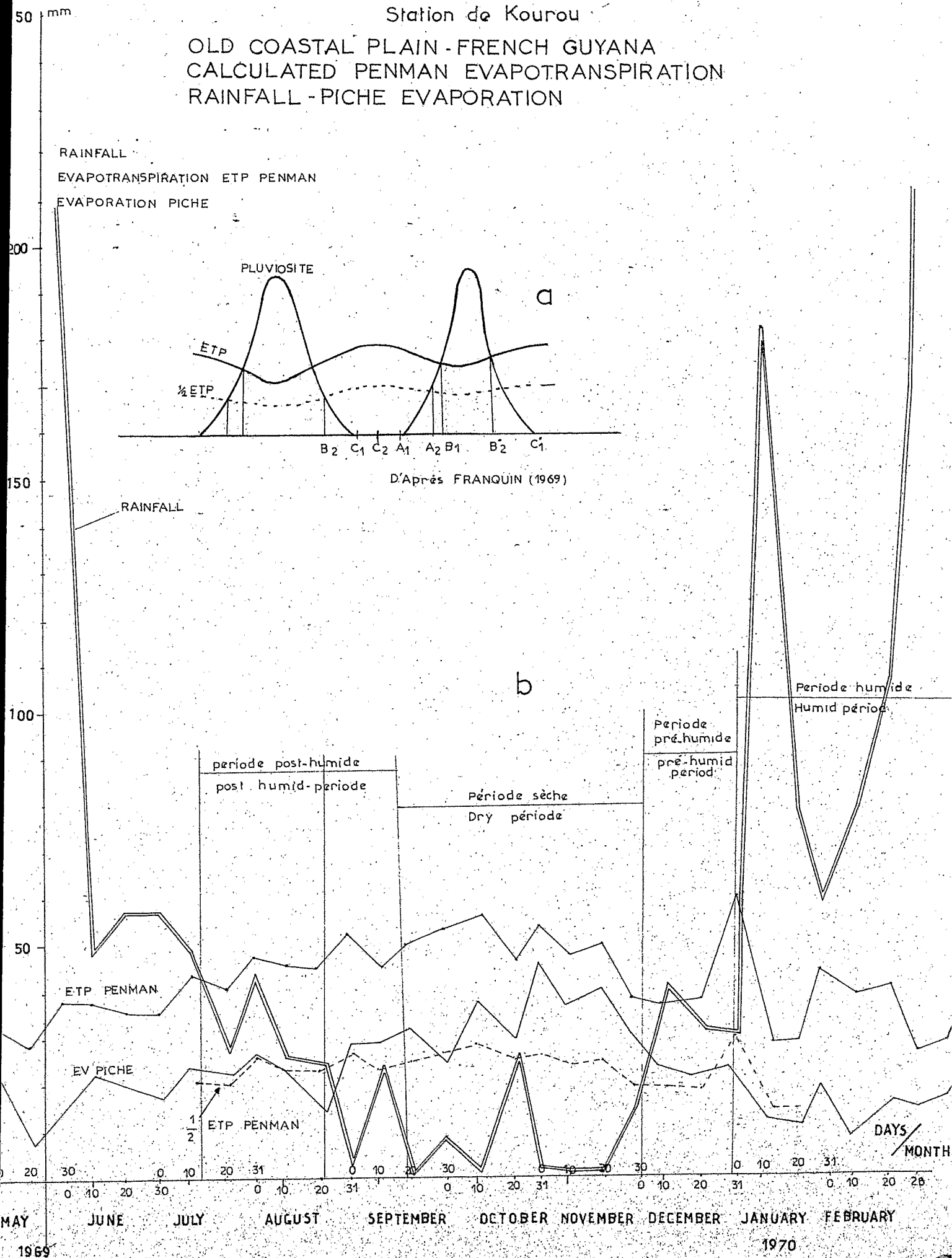
Site	Humidité au champ	C ‰	N ‰	C/N	pH	Arg.	limon	sables fins	sables grossiers
Bordelaise	6.6	15.2	.90	16.9	4.9	8.5	11.0	75.7	1.0
Matiti	14.3	12.1	.73	16.6	5.2	5.7	14.0	77.3	.2
Combi	5.0	14.7	.94	15.6	5.1	8.0	7.6	74.3	6.0
Corossony	8.6	11.3	.70	16.1	5.1	6.6	7.0	69.3	14.8

fig 1

PLAINE COTIERE ANCIENNE DE GUYANE FRANCAISE
 EVAPOTRANSPIRATION CALCULEE PENMAN
 PRECIPITATIONS, EVAPORATION PICHE

Station de Kourou

OLD COASTAL PLAIN - FRENCH GUYANA
 CALCULATED PENMAN EVAPOTRANSPIRATION
 RAINFALL - PICHE EVAPORATION



- RESULTATS

Ils sont représentés sur les figures 2 et 3.

L'humidité au Champ de l'horizon de surface apparaît comme liée, pour les phases dynamiques d'assèchement, dessiccation, réhumectation, à la différence (Pluie - E.T.P.) calculée sur les derniers 10 jours qui ont précédé le prélèvement (fig. 2b et 2c). Les pF moyens en réhumectation sont (valeurs déduites de la courbe moyenne) pF 4,2 : 2,5 % ; pF 3 : 4 % pF 2 : 10,5 % ; pF 1,8 : 14 %

En fin septembre et fin octobre, le sol est très voisin du point de flétrissement.

Mois	Juillet 1969	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv. 1970	Fév.	Mars
Humidité au au champ %	16.52	8.65	3.87	3.15	11.20	8.62	17.51	21.5	21.69
E T P Penman mm.									
1 ^{ère} décade	40.4	45.2	45.0	53.6	47.9	37.8	27.5	38.5	28.1
2 ^{ème} "	43.6	44.5	49.6	46.1	49.1	38.7	28.1	40.6	47.1
3 ^{ème} "	47.3	52.5	49.7	54.6	38.4	60.9	43.3	25.3	31.3
TOTAL mm.	131.3	142.2	144.3	154.3	135.4	137.4	98.9	104.4	106.5
Pluviométrie mm.									
1 ^{ère} décade	48.0	25.0	22.5	0.0	0.0	42.0	181.5	77.5	616.0
2 ^{ème} "	26.0	24.0	0.0	22.0	1.5	30.5	79.0	107.0	120.5
3 ^{ème} "	43.0	1.5	1.5	0.5	14.0	30.5	52.0	168.5	125.0
TOTAL mm.	117.0	50.8	24.0	22.5	15.5	103.0	322.5	353.0	257.5

La Matière Organique (fig. 3a) exprimée en carbone o/oo commence par accuser une légère baisse dès la première période post-humide. Ce taux remonte ensuite pour atteindre, pour la plupart des échantillons un premier maximum pendant la période de dessiccation, maximum qui se maintient ou augmente encore légèrement jusqu'en fin de période sèche.

Lors de la période préhumide on constate une diminution nette des teneurs en matière organique (de 13,4 o/oo à 11,4 o/oo). Ce dernier niveau reste égal ou augmente très légèrement ensuite (début de la période humide). Il atteindra un 2^{ème} maximum en fin de période humide.

Résultats analytiques - Valeurs moyennes.

Mois	Juil. 1969	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv. 1970	Fév.	Mars
Humidité au champ %	16.52	8.65	3.87	3.15	11.20	8.62	17.51	21.58	21.69
Carbone o/oo	10.84	9.74	12.17	12.64	13.63	13.33	11.52	12.17	12.82
Azote o/oo	.76	.67	.83	.81	.88	.81	.78	.82	.80
C/N	14.2	14.5	14.7	15.6	15.5	16.5	14.8	14.8	16.0
Ac. Humiques C o/oo	1.92	1.85	1.85	1.62	1.67	1.79	1.78	1.65	1.59
Ac. Fulviques C o/oo	2.57	1.60	1.97	1.77	1.92	1.65	1.93	1.66	1.55
Taux d'extraction %	41.42	35.82	31.38	26.81	26.33	25.80	22.20	27.19	24.49
Coef. de minéralisation du carbone									
C (CO ₂) Matiti	3.3	2.6	2.0	1.9	1.7	1.7	1.8	1.8	1.6
C Total Combi	3.	2.2	1.8	1.6	1.8	1.7	1.8	1.5	2.0
Bordelaise	2.6	3.1	1.9	1.8	2.0	2.3	2.2	1.9	1.9
Ac. Fulviques									
Ac. Humiques	1.38	0.86	1.08	1.08	1.11	0.92	1.11	1.02	
Acides Hum. immobiles % des Acides Humiques	36.20	48.27	52.92	47.77	47.82	50.80	45.92	45.64	44.12
		* différence significative entre les deux valeurs.							
Agrégats (Benzene) %			24.31	17.51	17.86	18.76	18.61	16.27	13.90

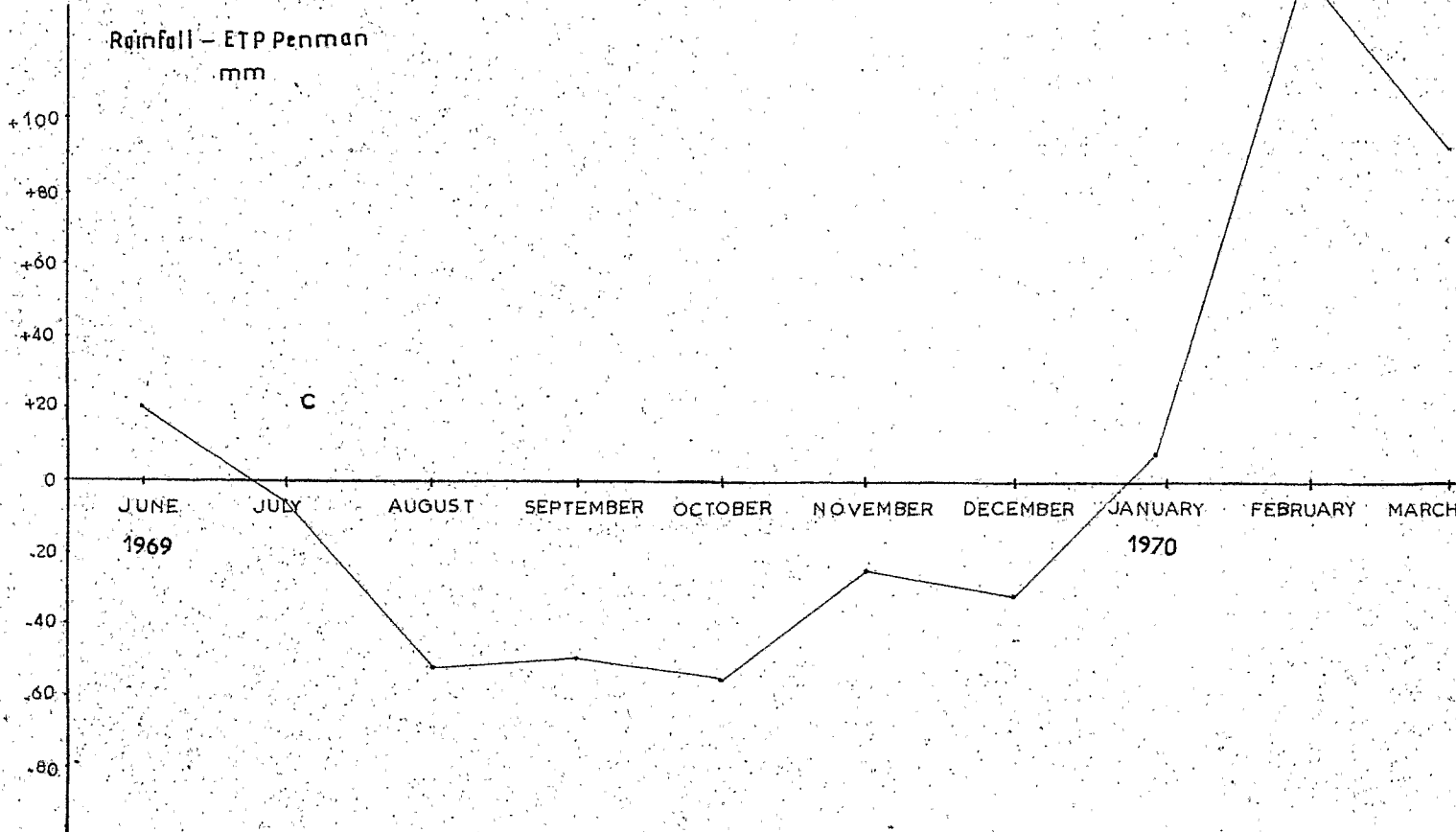
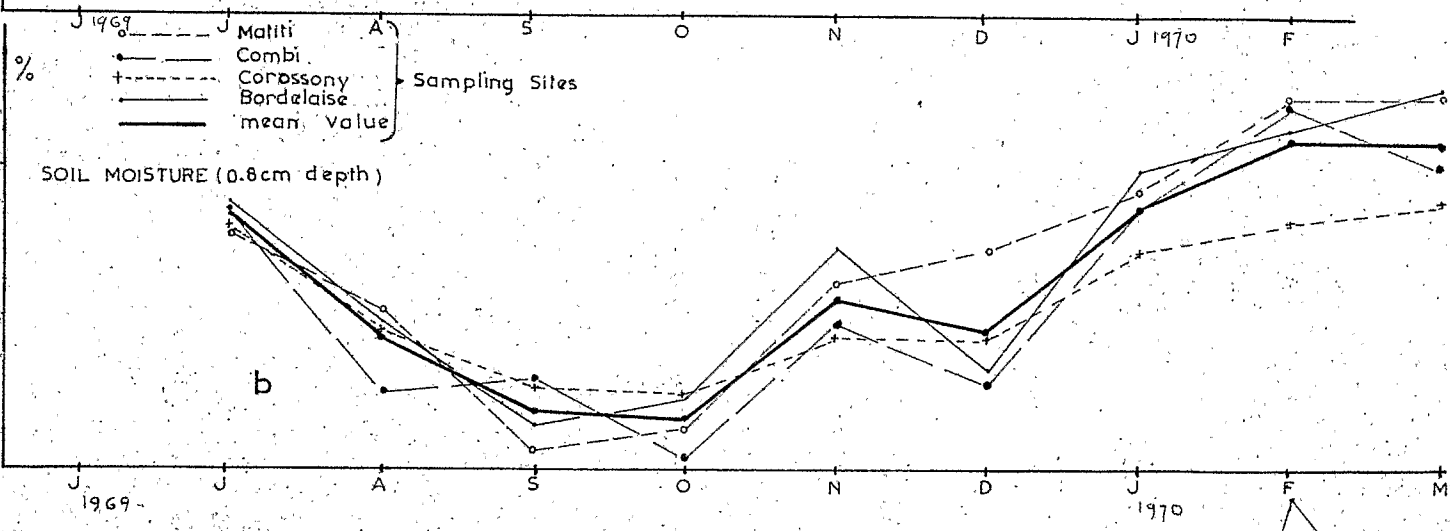
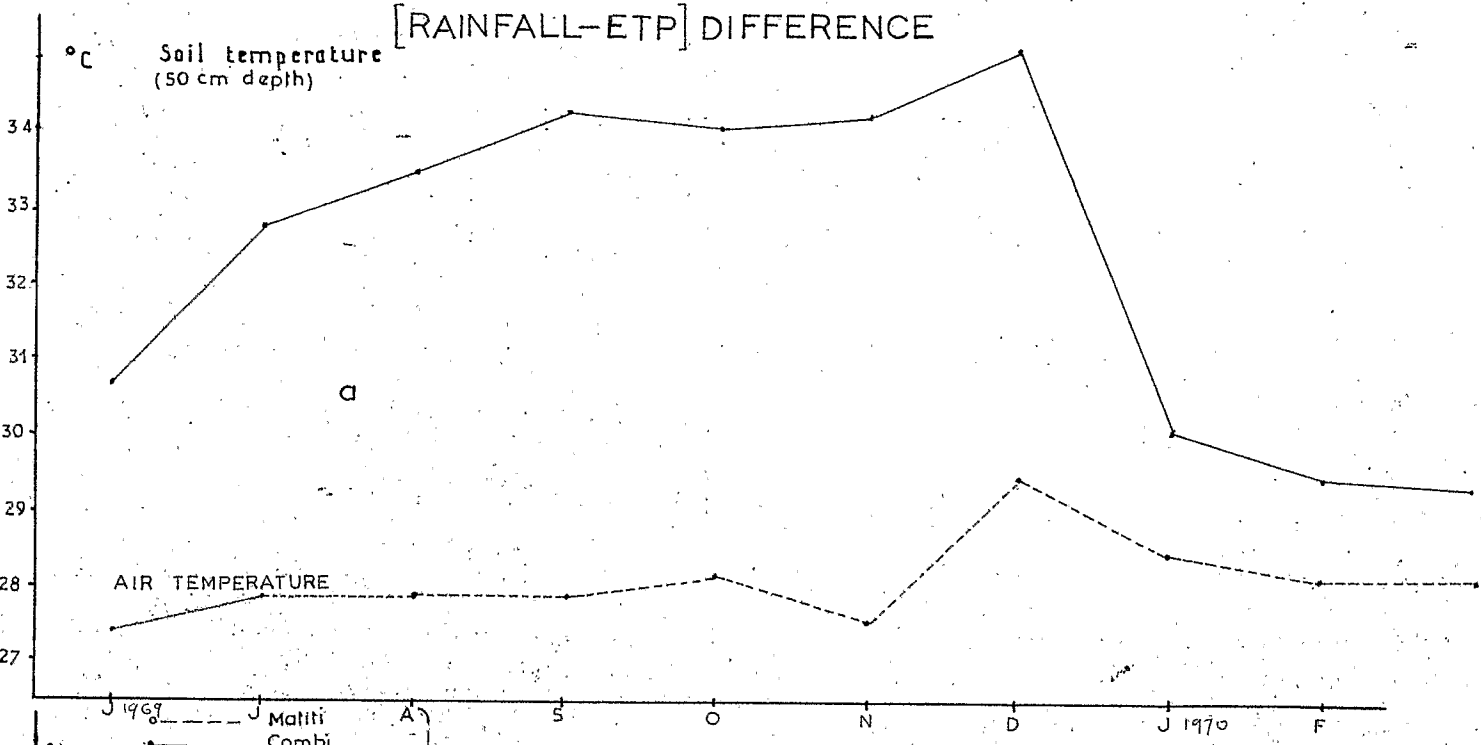
L'Azote (fig. 3a) suit les variations du taux de matière organique, sauf en mars (réhumectation, début de la période humide) où il décroît légèrement alors que le taux de C augmente (deminéralisation de N).

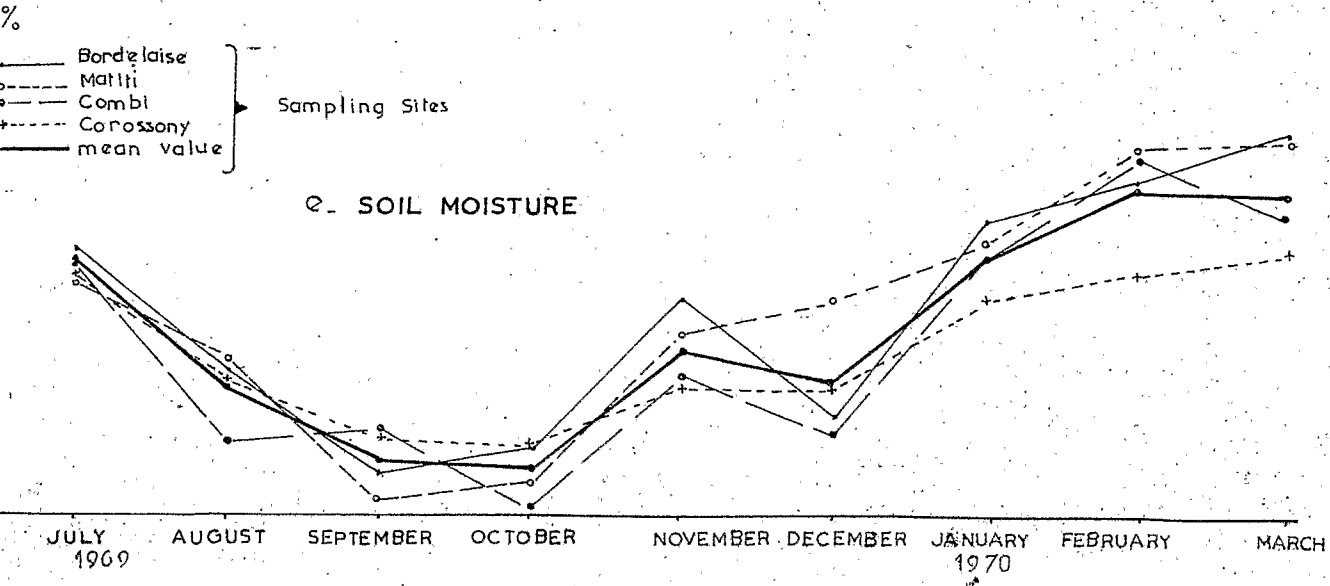
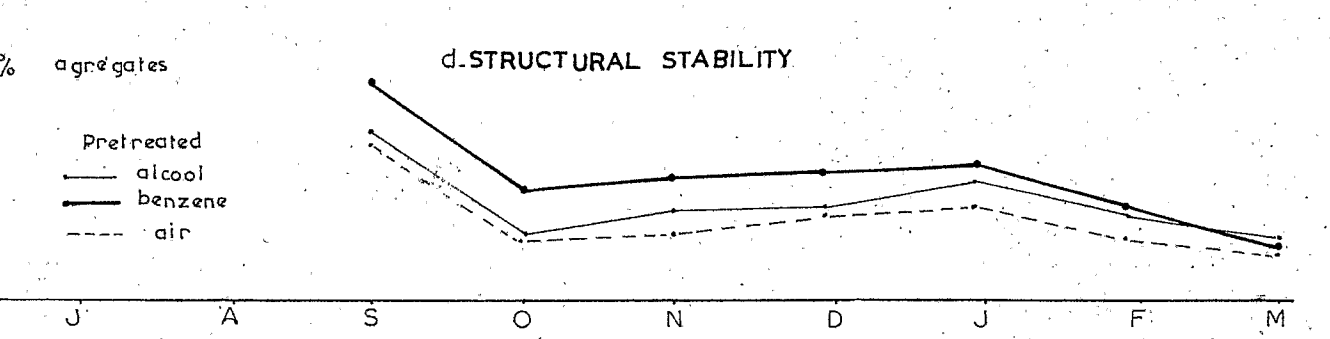
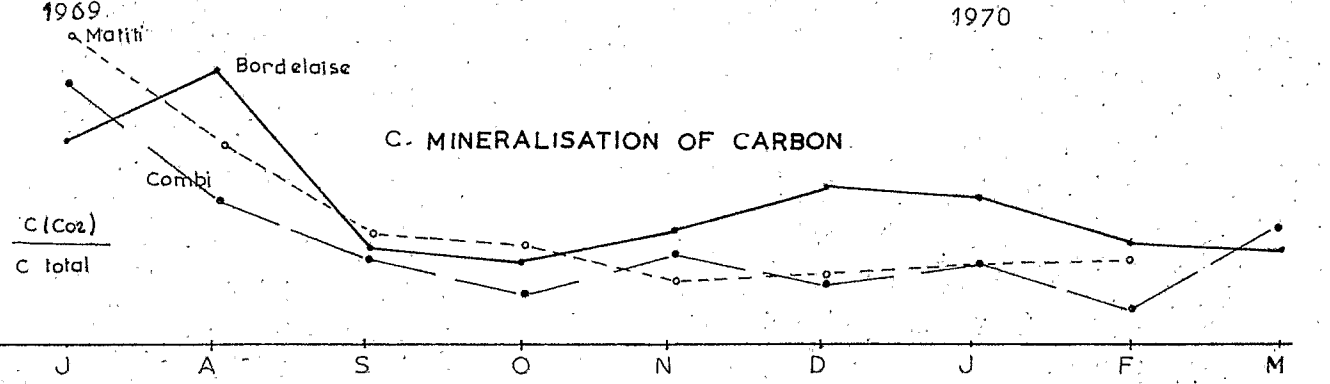
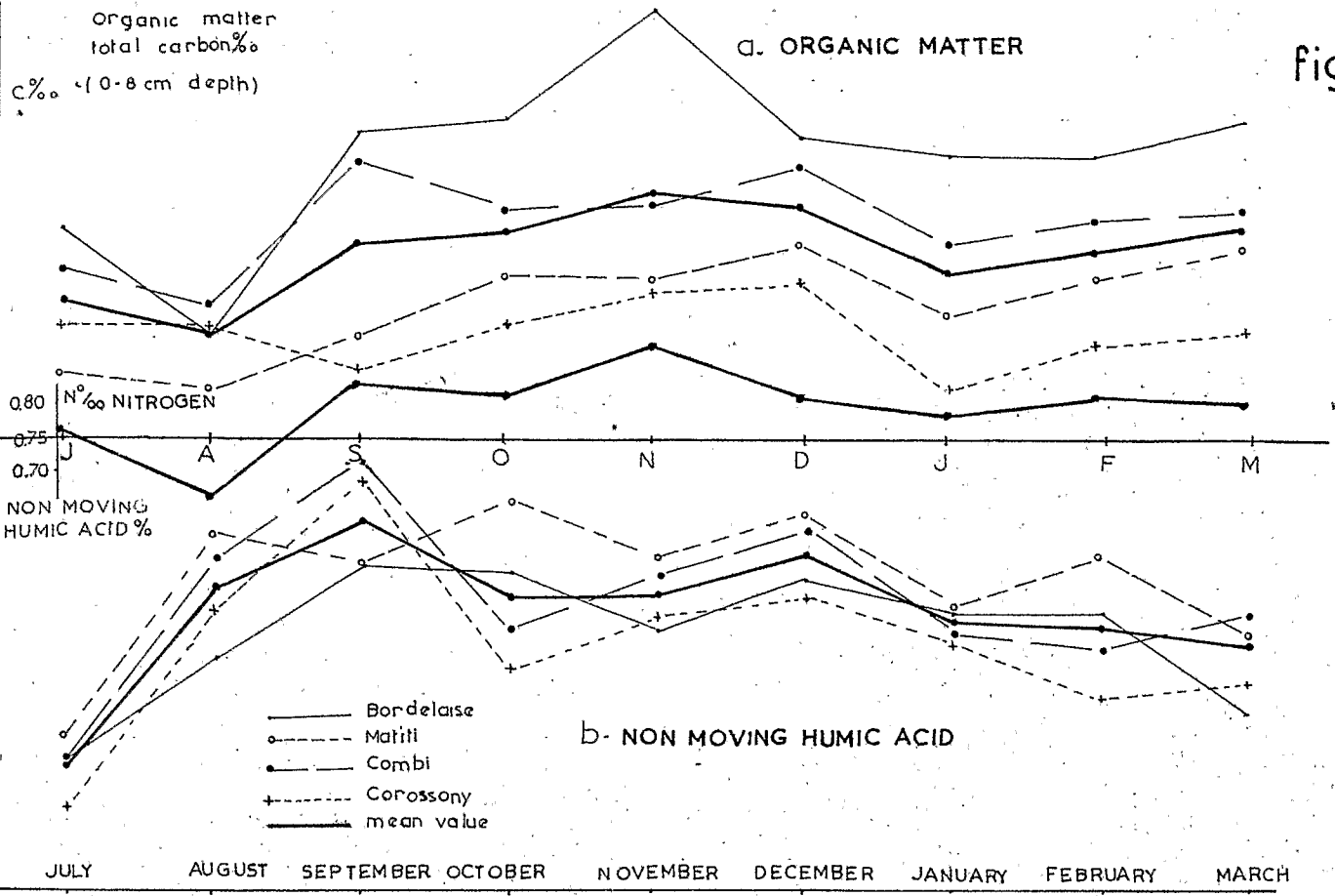
Acides Fulviques : Ils sont présents en quantité élevée en début de période post-humide. Leurs minima correspondent aux teneurs les plus élevées en C Total (décembre) et au début du lessivage par les pluies en fin de période post-humide.

Acides Humiques : (fig. 3b.) : Les acides humiques immobiles à l'électrophorèse augmentent durant la période post-humide. Ils diminuent lorsque la dessiccation du profil s'accroît sur les échantillons. Une pluie en 3^{ème} décade de Novembre, qui a pour effet de faire passer le taux d'humidité au champ de 3 à 11 % n'a apparemment

fig 2

3rd DECADE
SOIL MOISTURE-SOIL TEMPERATURE
[RAINFALL-ETP] DIFFERENCE





qu'un effet très faible sur le taux d'acides humiques immobiles. Mais il est important de constater que sur le mois suivant (décembre) le léger assèchement qui se manifeste se traduit par une remontée du taux d'humus immobile : moins que le niveau d'humidité atteint, c'est le sens de la variation de cette humidité (réhumectation suivie d'assèchement) qui paraît ici intervenir sur les teneurs en acides immobiles ; ce phénomène de réaction aux variations du milieu est remarquable.

Par ailleurs pour une même humidité au champ, suivant que l'on se place en période de réhumectation ou d'assèchement, le niveau d'acides immobiles est différent. ~~Tout~~ en accusant une dépolymérisation, il reste élevé en réhumectation. Ce phénomène de remanence est remarquable par l'inertie aux variations du milieu qu'il représente.

Lorsque les périodes préhumide et humide apparaissent, le taux d'acides humiques immobiles diminue. On met en évidence selon les variations climatiques des phases de polymérisation et de dépolymérisation des acides humiques.

Fraction Non Extraite au Pyrophosphate de Na. Cette fraction est en fait de nature complexe. La fraction non extraite par les réactifs alcalins peut contenir (PERRAUD 1970) une part de composés humiques fortement polymérisés et liés étroitement à la matière minérale (humine surévoluée), une part donnée par l'insolubilisation directe de débris végétaux après transformations plus ou moins poussées, une part de matière organique "fraîche" emprisonnée par la matière minérale (humine sequestrée). Au maximum de matière organique de 13,3 o/oo correspond le maximum de fraction non extraite

Variation entre deux états d'humidité au champ de la composition en pourcentage de la matière organique.

A partir du schéma élémentaire du partage de la matière organique [Acides fulviques - Acides humiques mobiles - Acides humiques immobiles - Fraction non extraite] que nous considérons dans cette première approche comme allant dans le sens d'une polymérisation croissante, la répartition de ces fractions en % de carbone total et leurs variations permettent de montrer des phases dynamiques de la matière organique soumise à des variations climatiques, présentant des différences significatives quant aux valeurs moyennes.

VARIATION DE LA COMPOSITION % DE LA MATIERE ORGANIQUE.

Mois	Juillet 1969	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janvier 1970	Fév.	Mars
Non Extrait	58.61 *	64.47	67.83	73.24	73.81	74.41	67.41	72.84	75.49
Ac. Hum. Im.	6.29 *	9.19	8.11	6.18	5.94	6.75	7.10	6.10	5.42
Ac. Hum. Mob.	11.14	9.92 *	7.32	6.73	6.53	6.56	8.41	7.38	6.91
Ac. Fulviques	23.95 *	16.40	16.70	13.90	13.70	12.28	17.07	13.66	12.16
Humidité au Champ	16.52	8.65	3.87	3.15	11.20	8.62	17.51	21.58	21.69

* différence significative entre les deux valeurs.

La part des différentes fractions varie suivant la saison (fig. 4) et en considérant les valeurs moyennes, on peut situer deux grands moments climatiques

- En période post-humide : Une diminution significative de la part des acides fulviques, une diminution de la part des acides humiques mobiles à l'électrophorèse, et lorsque l'assèchement s'accroît (dessiccation) (septembre, octobre), une diminution du taux d'acides humiques immobiles, alors que l'on note l'augmentation significative du taux d'humine. Ces variations s'accompagnent d'une hausse du taux du carbone de 10,8 à 12,6 o/oo et 13,6 o/oo.

- En période préhumide : Une diminution significative de la part non extraite au pyrophosphate, donnant une augmentation significative des acides humiques mobiles à l'électrophorèse, et des acides fulviques. Ces variations s'accompagnent d'une baisse du taux de Carbone (13,3 o/oo à 11,5 o/oo).

On met en évidence les possibilités de passage au cours des phénomènes de polymérisation et de dépolymérisation entre les différentes fractions formant la matière organique.

Coefficient de minéralisation du carbone (fig. 3 C) : le rapport entre le carbone du gaz carbonique dégagé en sept jours par 100 grs. de terre réhumectée (24 % d'humidité en moyenne) et le carbone total de l'échantillon, montre un coefficient de minéralisation élevé en début de période post-humide. Ce coefficient décroît jusqu'en fin de période post-humide et la reprise du dégagement du gaz carbonique accuse un certain retard par rapport à la période préhumide. Ce n'est qu'une fois la période humide installée qu'il semble augmenter à nouveau.

Le coefficient de minéralisation de carbone très élevé constaté en début de période d'assèchement explique que malgré la polymérisation significative des composants de la matière organique on observe une très légère baisse du taux de carbone.

Par la suite ce coefficient devenant minimum, la polymérisation est totale et le taux de matière organique augmente. Les échantillons Bordelaise ont un coefficient de minéralisation du carbone qui s'élève en Décembre (baisse de la teneur en matière organique).

La Stabilité Structurale (fig. 3 d.)

Cette stabilité structurale mesurée à partir du pourcentage d'agrégats stables, montre un taux d'agrégats maximum au moment où le taux d'acide humique gris est élevé, (septembre), et minimum au moment (mars) où ce taux atteint un minimum. La relation observée (J.F. TURENNE 1965) entre acides immobiles à l'électrophorèse et l'indice d'instabilité structurale de HENIN est ici vérifiée au niveau des agrégats stables après prétraitement au benzène.

$$\% \text{ agrégat (benzène)} = 30.08 + 2.579 \text{ acides immobiles à l'électrophorèse}$$

$$n = 118 \quad (P < \alpha 0,01).$$

- DISCUSSION ET CONCLUSION

A partir de l'analyse du climat de la plaine côtière de Guyane Française, il apparaît possible de définir un certain nombre de phases dynamiques d'évolution de la matière organique. L'analyse du climat par décades paraît convenir ici pour préciser la période climatique minimum qui peut marquer l'évolution du sol en savane.

Nous n'avons considéré ici que les moyennes des prélèvements mensuels et une analyse complète devra séparer les sites de prélèvement et ne les comparer entre eux qu'à partir de valeurs d'humidité au champ identiques ou voisines, définissant des moments dynamiques qui ne coïncident pas forcément le même mois pour quatre sites différents. Il en est de même pour les niveaux de matière organique qui varient suivant les sites.

La définition des périodes post-humides, sèches, préhumides, humides, est un facteur important de la connaissance du sol et de ses potentialités. A la limite, on ne pourrait accepter dans des conditions tropicales, en végétation de savanes que des teneurs en matières organiques accompagnées de la valeur de l'humidité au champ au moment du prélèvement et de la comparaison de cette valeur aux valeurs de l'humidité au champ des mois précédents et suivants.

La fugacité des formes polymérisées ou dépolymérisées de la matière organique est caractéristique des horizons de sols soumis à des variations importantes des conditions climatiques, telles que celles observées ici. Il faut tenir compte de cette fugacité dès lors qu'il s'agit de reconstituer un stock de matière organique ou de soumettre le sol à des périodes d'assèchement et de réhumectation.

Bien que différents sur le plan des teneurs en carbone o/oo sur l'amplitude et la date des variations de l'humidité au champ, les horizons A₁ étudiés tendent tous vers une dynamique identique.

Nous montrons ici comment la matière organique réagit très rapidement aux variations du milieu : les différents facteurs du climat guyanais appliqués à un matériau homogène mènent à des processus biologiques et physico-chimiques, qui agissent rapidement sur la quantité, la qualité et les propriétés, des composés humiques. Il apparaît même qu'à côté des valeurs de l'humidité au champ, c'est le sens de la variation (augmentation ou diminution) en même temps que la valeur absolue de l'humidité au champ qui déclenche des phénomènes de polymérisation et de dépolymérisation.

BIBLIOGRAPHIE

- BACHELLIER G. - 1968 - Contribution à l'étude de la minéralisation du carbone dans les sols. Mémoires ORSTOM n° 30 - PARIS - 145 p.
 - CORNFORTH I.S. - 1971 - Seasonal changes in mineralizable nitrogen in Trinidad soils - Tropical Agriculture, vol 48 - 2 - pp. 157 - 162.
 - DOMMERGUES Y. - 1960 - La notion de coefficient de minéralisation du carbone dans les sols. Agron. Tropicale Vol XV n° 1 pp. 54 - 60.
 - DOMMERGUES Y. - MANGENOT E. 1970 - Ecologie microbienne du sol - Masson & Cie - PARIS - 796 p. 180 Fig. 101 Tabl.
 - DUCHAUFOUR P. - 1970 Précis de Pédologie 3^{ème} édition - Masson & Cie - PARIS.
 - FRANQUIN P. - 1969 - Analyse agroclimatique en régions tropicales. Saison pluvieuse et saison humide - application Cah. ORSTOM sér. biol. n° 9 - ORSTOM - PARIS - pp. 65-95.
 - HENIN S. - GRAS R. - MONNIER G. - 1969 - Le Profil Cultural - 2^{ème} édition - PARIS - MASSON & Cie - 331 p.
 - PERRAUD A. - 1970 - La matière organique des sols forestiers de la Côte d'Ivoire - thèse - Université Nancy - ORSTOM PARIS 87 p. Multigr. - fig. tabl.
 - THIAIS J.-L. - 1967 - Analyse des sols au Centre ORSTOM de Cayenne 92 p. Multigr.
 - TURENNE J.-F. - 1960 - Comportement à l'électrophorèse de quelques acides humiques extraits des sols ferrallitiques. Centre ORSTOM de CAYENNE P. 77, 9 p. Multigr.
 - TURENNE J.-F. - 1970 - Influence de la saison des pluies sur la dynamique des acides humiques en Guyane Française - Cah. ORSTOM - Pédol. VIII - 4 pp. 419 - 450.
 - TURENNE J.-F. - 1972 - Observations sur les fractions moléculaires présentes dans les acides humiques de sols podzoliques sous savane en Guyane Française, leur évolution en fonction de l'humidité au champ. ORSTOM Cayenne - 18 p. Multigr.
 - WANG JEN Y.W. - 1963 - Agricultural meteorology University of Wisconsin Madison - Pacemaker - Press 693 p.
-