

Les sucres réducteurs dans quelques sols du Burkina Faso (1)

François PALLO

Pédologue au Bureau National des Sols, BP. 7. 142, Ouagadougou, Burkina Faso

RÉSUMÉ

Dans la partie orientale du Burkina Faso, entre Fada N'Gourma et Piega, les sols hydromorphes peu humifères à pseudogley renferment plus de sucres réducteurs solubles (exprimés en mg C/100 g de sol) que les sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris, gravillonnaires ou non. Par contre, lorsque ces teneurs en sucres sont exprimées en pour cent du carbone total, elles sont plus élevées dans les sols ferrugineux tropicaux.

Les teneurs relatives plus faibles en sucre et en produits végétaux peu transformés dans les sols hydromorphes seraient dues à une dessiccation plus lente de ces derniers, qui tend à favoriser les phénomènes d'humification. En revanche dans les sols ferrugineux tropicaux, ces phénomènes sont rapidement bloqués à cause de la dessiccation plus rapide de ces sols ; d'où une abondance relative de sucres et de produits végétaux peu transformés.

Par ailleurs, les glucides, qui ont été dosés par la méthode colorimétrique à l'antrone, paraissent provenir essentiellement de la décomposition de trois fractions de la matière organique totale : la matière organique légère, l'humine héritée et les acides humiques extraits à la soude.

MOTS-CLÉS : Glucides — Matières organiques — Acides humiques — Acides Fulviques — Humines — Corrélation de rangs — Sols hydromorphes — Sols ferrugineux tropicaux.

SUMMARY

REDUCING SUGARS IN SOME SOILS OF BURKINA FASO

In the eastern part of Burkina Faso, between the localities of Fada N'gourma and Piega, contents of soluble reducing sugars, expressed in mg carbon/100 g of soil are higher in « sols hydromorphes peu humifères à pseudogley » (CPCS, French classification) than those in « sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris » gravelly or non gravelly. However, when the sugar contents are expressed as a percentage of total carbon, they are higher in the « sols ferrugineux tropicaux ».

The explanation is : in the « sols hydromorphes » the process of humification continues after the rainy season because these soils remain moist for some time. However, in the « sols ferrugineux tropicaux » this process stops quickly, so that some fractions of the total organic matter (for example the light organic matter, the inherited humine) tend to remain in the soil.

These glucides, determined by the anthrone colorimetric method, would essentially originate from three fractions of the total organic matter : the light organic matter, the inherited humines and humic acids extracted with soda.

KEYS WORDS : Glucides — organic matter — Humic acids — Fulvic acids — Humines — Rank correlation — Hydromorphic soils — Tropical ferruginous soils.

(1) Article tiré de la thèse de Doctorat 3^e cycle, soutenue le 26 mars 1982 à la Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme (Marseille) sous la direction du Professeur R. NEGRE à qui nous réitérons toute notre gratitude.

1. INTRODUCTION

De multiples travaux ont déjà été consacrés à l'étude des sucres réducteurs solubles du sol (POCHON et de BARJAC, 1958 ; MAYAUDON et SIMONART 1958 ; JACQUIN, 1963 ; MARTIN *et al.* 1967 ; JURASEK *et al.* 1967 ; NORKRANS, 1967 ; JANSSON et PERSON, 1968 ; DOMMERMERGUES et MANGENOT, 1970 ; MAYAUDON, 1971 ; BERTHELIN, 1976 ; etc.).

Des nombreux résultats obtenus, on retiendra, entre autres, que :

— En milieu aéré, l'hydrolyse des celluloses et hémicelluloses conduit à la formation des sucres libres solubles qui, par décomposition par les micro-organismes du sol, produisent des acides organiques dont certains influencent le métabolisme et la fertilité des sols (BACHELIER, 1968).

— Ces sucres, associés à d'autres produits organiques (acides aminés, composés phénoliques), ou bien sous forme de polysaccharides, peuvent former les unités structurales des composés humiques (BERTHELIN et TOUTAIN, 1977).

— GUCKERT (1973) a montré également l'importance de ces substances dans la formation de l'humine microbienne qui, dans certains sols, peut représenter près de 10 % de l'humine totale.

— En tant que source énergétique, les teneurs en sucres libres peuvent renseigner sur le niveau de minéralisation du carbone total et par conséquent sur l'activité biologique, tout en s'affirmant d'actifs agents de la structure (rôle des polysaccharides dans l'agrégation).

— Au niveau de la rhizosphère en particulier, la teneur en sucres, liée à l'activité photosynthétique conditionne la nutrition azotée : c'est à partir de ces glucides solubles que se fabriquent les acides cétoniques qui permettent l'incorporation de l'azote en aminoacides.

Cependant, ils ont été peu étudiés dans les sols du Burkina Faso. Aussi, est-il intéressant de déterminer leur quantité dans quelques sols de ce pays, puis d'appréhender d'un point de vue statistique les relations d'interdépendance entre ces substances glucidiques et les autres fractions de la matière organique totale.

Après une présentation du matériel d'étude et des méthodes de travail seront exposés les résultats et quelques conclusions générales.

2. MATÉRIEL D'ÉTUDE

Les sols concernés sont d'une part des sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris sans concrétions et gravillonnaires, d'autre part des sols hydromorphes peu humifères à pseudogley. Ils sont localisés entre Fada

(1) Les différentes analyses ont été réalisées dans ce laboratoire sous la direction de MM. B. DABIN et P. PELLOUX..

N'Gourma et Piega dans la partie est du territoire burkinabè.

Au total 12 profils de sols ont été observés, soit 4 pour chacun des 3 types de sols étudiés. Les valeurs moyennes de leurs caractéristiques physico-chimiques figurent au tableau I.

3. MÉTHODES DE TRAVAIL

3.1. Extraction et dosage des glucides solubles du sol

La détermination globale des sucres réducteurs solubles du sol a été effectuée par la méthode colorimétrique à l'anthrone préconisée par BACHELIER et GAVINELLI (1966).

3.2. Fractionnement de la matière organique et méthode d'analyse statistique

Les fractions de la matière organique totale ont été séparées selon la méthode de fractionnement employée aux services scientifiques centraux de l'ORSTOM (1) (DABIN *et al.* 1967 ; 1971 ; 1976). Ces fractions, exprimées en C ‰, sont les suivantes :

Matière organique légère (MOL)

Acides fulviques libres (AFL)

Acides fulviques extraits au pyrophosphate de Na (AFP)

Acides fulviques extraits à la soude (AFS)

Acides humiques extraits au pyrophosphate de Na (AHP)

Acides humiques extraits à la soude (AHS)

Humine totale (HT)

Sur le culot d'humine, il a été procédé à la séparation (voir tableau II) de :

l'humine héritée (HH)

l'humine liée au fer (HLf)

l'humine liée à l'argile (HLA)

l'humine évoluée (HE).

L'analyse statistique a consisté principalement à déterminer par le test de SPEARMAN (1904), les coefficients de corrélation de rang entre les teneurs en sucres et celles de certains composés organiques. Ces coefficients ont été calculés par ordinateur (Cii Honeywell Bull) sur la base d'un programme non paramétrique et multivariable : le « BMDP 3S » de l'université de Californie, Los Angelès.

4. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

4.1. Les sucres libres

(a) — Les teneurs en sucres libres pour 100 g de sols suscitent les remarques suivantes :

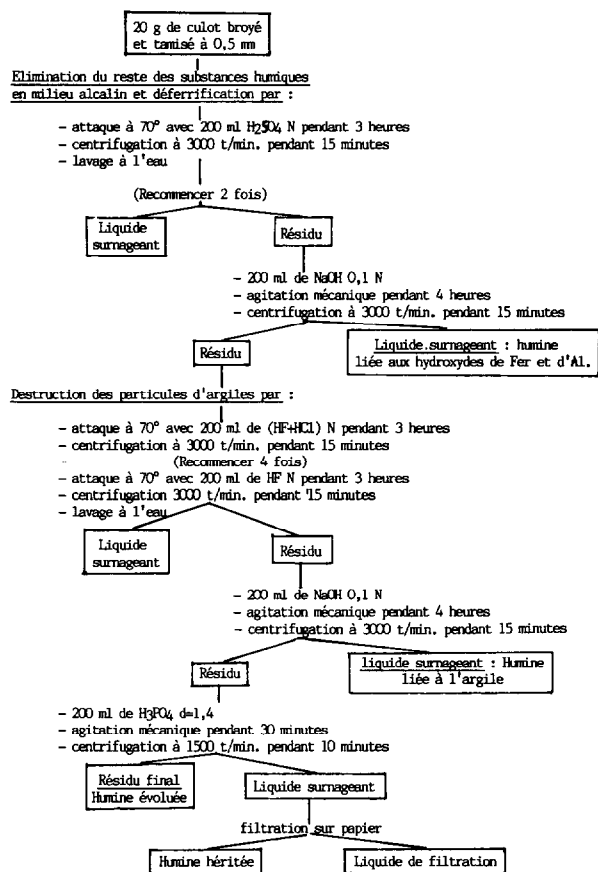
— Pour les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions (tableau III), entre 0 — 20 cm, elles sont inférieures à 5 mg de carbone.

TABLEAU I
Valeurs moyennes de quelques caractéristiques des sols étudiés

Caractéristiques		Type de sols	Sols ferrugineux Tropicaux sans concrétions	Sols ferrugineux Tropicaux gravillonnaires	Sols hydromorphes
GRANULOMÉTRIQUE	Argile (%)		17	24,5	25,5
	Limon fin (%)		6,5	13,5	19,5
	Limon grossier (%)		14,5	12	14,5
	Sable fin (%)		26	20	16
	Sable grossier (%)		36	30	24,5
CONSTANTES HYDRIQUES	pF 2,5		13	20	28
	pF 3,0		9	16	22
	pF 4,2		7	12	15
PH	pH eau		6,5	6,1	6,7
	pH Kcl		5,8	5,5	5,6
COMPLEXE ABSORBANT	Capacité d'échange cationique (meq/100 g de sol)		6	9	21
	Somme des bases échangeables (meq/100 g de sol)		5	6	17
	Taux de saturation (%)		83	66	81
Azote total (‰)			0,30	0,35	0,44
Matière organique totale (‰)			5	9	12
FRACTIONS DE LA MATIÈRE ORGANIQUE EN C. POUR ‰	MOL*		0,07	0,11	0,16
	AFL		0,14	0,23	0,26
	AFS		0,12	0,23	0,35
	AHS		0,06	0,17	0,51
	AFP		0,22	0,29	0,36
	AHP		0,23	0,90	0,37
	Humine Totale		2,04	3,20	4,25
	Humine héritée		1,37	2,53	2,30
	Humine liée au fer		0,17	0,17	0,43
	Humine liée à l'argile		0,06	0,13	0,42
	Humine évoluée		0,44	0,37	1,10

*La signification des abréviations est donnée dans le paragraphe 3.2.

TABLEAU II
Schéma de fractionnement de l'humine



— L'horizon humifère des sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires (tableau IV) renferme entre 5-6 mg de carbone de glucides.

— Les teneurs en sucres libres dans les vingt premiers centimètres des sols hydromorphes sont supérieures à 6 mg de carbone (tableau V).

Ainsi ces différents résultats indiquent que le pourcentage de glucides dans l'horizon supérieur des sols concernés augmente quand on passe des sols ferrugineux tropicaux aux sols hydromorphes :

Sols ferrugineux Tropicaux sans concrétions	Sols ferrugineux Tropicaux gravillonnaires	Sols hydromorphes
< 5 mg de C/100 g de sol	5-6 mg de C/100 g de sol	> 6 mg de C/100 g de sol

Pour chaque type de sol, ces valeurs diminuent en fonction de la profondeur. Elles sont généralement inférieures à 1 mg de carbone/100 g de sol au-delà

de 100 cm, à l'exception du profil HMN — 080 (sol hydromorphe) pour lequel, au-delà de 1 m, elles avoisinent encore 3 mg de carbone/100 g de sol.

(b) Lorsqu'elles sont exprimées en pour cent du carbone total, les teneurs en sucres libres des horizons supérieurs des sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires (à l'exception du profil FTC — 020) sont comprises entre 0,6 et 1 %. Ces valeurs sont identiques à celles des « sans concrétions ». En revanche, pour les sols hydromorphes, entre 0 — 20 cm, les rapports C. Glucides/C. Total sont de l'ordre de 0,4 à 0,6 % mais peuvent atteindre 0,9 % (cas du profil HMN — 060).

En moyenne, le pourcentage moyen des sucres libres dans les horizons humifères des sols étudiés augmente donc des sols hydromorphes aux sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires ou non ; il passe de 0,60 % à 0,73 %.

4.2. Relations teneurs en sucres libres - Fractions de la matière organique totale

De l'analyse des coefficients de corrélation de rang de Spearman entre les teneurs en sucres libres et les différentes fractions de la matière organique totale (Tableau VI), il ressort ce qui suit :

(a) Pour les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, aucune corrélation n'existe entre la quantité de sucres libres et celles des acides fulviques libres, de l'humine liée à l'argile, de l'humine évoluée. Par contre, la teneur en sucres libres est positivement corrélée au risque de 1 % avec respectivement le taux de *matière organique légère*, d'*acides humiques extraits à la soude*, d'*humine héritée*, de *composés humiques extraits au pyrophosphate de Na (acides humiques et fulviques)* et au risque de 5 % avec celui de *l'humine liée au fer* et des *acides fulviques extraits à la soude*.

(b) Les remarques faites pour les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions restent valables pour les sols « gravillonnaires ». Cependant, pour ces derniers, il existe une corrélation positive lâche (au risque de 5 %) entre la teneur en sucres libres, le taux d'acides fulviques libres et celui de l'humine liée à l'argile. Par ailleurs, les coefficients de corrélation de rangs entre la teneur en sucres libres et les fractions de la matière organique totale sont plus élevés dans les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires que dans les « sans concrétions » à l'exception de ceux obtenus avec la matière organique légère et les acides humiques extraits ou pyrophosphate de Na.

(c) D'une manière générale, dans les sols hydromorphes, les corrélations entre la teneur en sucres libres et les fractions de la matière organique totale sont positives

TABLEAU III
Teneurs en glucides des sols ferrugineux tropicaux sans concrétions

N° PROFIL	FSC — 100			FSC — 110			FSC — 120			FSC — 040			
	0-20	40-60	100-120	0-20	40-60	100-120	0-20	40-60	100-120	0-10	30-40	70-80	100-120
Profondeur (cm)	0-20	40-60	100-120	0-20	40-60	100-120	0-20	40-60	100-120	0-10	30-40	70-80	100-120
C Total ‰	4,3	2,5	1,2	3,0	1,7	1,0	2,4	2,1	1,3	6,7	8,0	2,4	1,0
Glucide en mg de carbone/100 g de sol	2,91	1,45	0,56	2,75	0,97	0,80	1,61	1,05	0,80	4,44	5,57	1,86	1,13
C Glucide/C Total %	0,63	0,39	0,61	0,97	0,85	0,56	0,67	0,50	0,56	0,66	0,69	0,77	1,05

TABLEAU IV
Teneurs en glucides des sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires

N° PROFIL	FTG — 130			FTG — 140			FTG — 010			FTG — 020		
	0-20	30-50	100-120	0-20	30-50	100-120	0-20	50-70	100-120	0-20	50-70	100-120
Profondeur (cm)	0-20	30-50	100-120	0-20	30-50	100-120	0-20	50-70	100-120	0-20	50-70	100-120
C Total ‰	6,8	4,9	2,6	5,6	5,1	1,6	7,1	4,2	1,8	22,7	3,4	2,0
Glucide en mg de carbone/100 g de sol	5,41	1,45	0,97	5,41	4,6	0,64	5,74	1,99	1,21	5,91	1,60	0,68
C Glucide/C Total %	0,80	0,30	0,4	1,0	0,9	0,4	0,8	0,5	0,6	0,3	0,5	0,4

TABLEAU V
Teneurs en glucides des sols hydromorphes

N° PROFIL	HMN — 060				HMN — 080				HMN — 090				HMN — 070		
	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	50-70	100-120
Profondeur (cm)	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	50-70	100-120
C Total ‰	11,9	3,4	2,9	1,3	18,9	7,5	5,9	2,2	19,8	5,3	1,4	0,3	16,3	4,1	1,9
Glucide en mg de carbone/100 g de sol	6,62	0,78	2,26	0,48	12,28	4,04	3,64	2,99	7,99	5,74	1,86	0,97	15,84	2,10	0,48
C Glucide/C Total %	0,5	0,2	0,8	0,4	0,6	0,5	0,6	1,4	0,4	1,1	1,3	3,1	0,9	0,5	0,2

TABLEAU VI
Coefficients de corrélation de rangs de Spearman entre la teneur en Glucides libres et les fractions de la matière organique totale

	C. Total	MOL (1)	AFS	AFL	AFP	AHP	AHS	HT	HH	HLF	HLA	HE
C. Glucides libres (sols ferrugineux tropicaux sans concrétions)	0,86*	0,93*	0,67**	—	0,79*	0,80*	0,88*	0,86*	0,87*	0,68**	—	—
C. Glucides libres (sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires)	0,91*	0,88*	0,73*	0,68**	0,85*	0,81*	0,84*	0,92*	0,91*	0,71*	0,64**	—
C. Glucides libres (sols hydromorphes)	0,88*	0,81*	0,89*	0,61**	0,83*	0,81*	0,93*	0,89*	0,88*	0,86*	0,90*	—

(1) la signification des abréviations est donnée dans le paragraphe 3.2.

— : non significatif

** : significatif au risque de 5 %

* : significatif au risque de 1 %

et significatives au risque de 1 %. Toutefois on remarque que cette corrélation n'est significative qu'au risque de 5 % avec les acides fulviques libres et non significative avec l'humine évoluée.

L'ensemble de ces corrélations montrent ainsi que pour les 3 types de sols étudiés, l'humine évoluée est la fraction organique qui n'est pas corrélée avec la teneur en sucres libres. Pour les sols ferrugineux tropicaux en particulier, les corrélations entre la teneur en sucres libres d'une part, la matière organique légère et l'humine héritée d'autre part, tout en confirmant la nature assez voisine de ces deux dernières fractions, suggèrent l'hypothèse selon laquelle les débris végétaux incorporés au sol peuvent contenir des *glucides* et des *acides humiques peu condensés solubles dans la soude diluée*. Ces substances seraient en quelque sorte protégées de la biodégradation totale par les parois cellulaires

résistantes qui les entourent. Ceci serait dû, sous ces climats secs, au blocage précoce dans ces sols de la décomposition des débris végétaux. Ce processus est moins net dans les sols hydromorphes qui demeurent plus longtemps humides après la saison des pluies.

Par conséquent, outre les teneurs globales en sucres qui ont déjà permis de distinguer les matières organiques des trois types de sols, une autre différenciation, dégagée à partir des coefficients de corrélation, peut être faite en liaison avec la localisation de ces substances glucidiques dans les débris végétaux qui subsistent dans ces sols (tableau VII). Ceci semble également indiquer que les *acides humiques extraits à la soude*, de par leur origine, sont des substances proches de la *matière organique légère* et de l'*humine héritée*. Nous avons déjà abouti à cette conclusion en étudiant les différentes formes d'azote (PALLO, 1982).

TABLEAU VII

Corrélations positives et significatives au risque de 1 % (*) entre les teneurs en sucres réducteurs et les fractions organiques des sols

SOLS	Sols ferrugineux Tropicaux sans concrétions	Sols ferrugineux Tropicaux gravillonnaires	Sols hydromorphes
Teneurs moyennes des glucides	moins de 5 mg C/100 g	5-6 mg C/100 g	plus de 6 mg C/100 g
Fractions organiques			
Matière organique légère	*	*	*
Humine héritée	*	*	
Acides humiques extraits par la soude	*		*

5. CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Le dosage global par la méthode colorimétrique à l'anthrone des glucides solubles des sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris sans concrétions et gravillonnaires et des sols hydromorphes peu humifères à pseudogley situés entre Fada N'Gourma et Piega dans la partie orientale du Burkina Faso indique qu'en valeur absolue les sols hydromorphes renferment des quantités plus importantes de glucides. Cependant, bien que les teneurs en sucres des sols ferrugineux tropicaux soient plus faibles, les rapports C. Glucides/C. Total sont plus élevés.

Il apparaît également que pour l'ensemble des sols étudiés, l'humine évoluée qui est la fraction hautement polymérisée de la matière organique totale, ne présente

aucune corrélation avec la teneur en sucres. Dans les sols ferrugineux tropicaux, cette teneur en sucres est plutôt étroitement liée respectivement aux taux de *matière organique légère* et d'*humine héritée*, deux fractions composées de débris végétaux peu ou pas décomposés et relativement abondantes. Par conséquent, bien que le niveau de minéralisation du carbone total s'avère plus élevé, l'humification est faible car l'activité biologique est rapidement stoppée par la sécheresse ; ce qui favorise la conservation de débris végétaux peu transformés. Par contre, les faibles teneurs en valeur relative des sucres dans les sols hydromorphes paraissent plutôt liées aux faibles taux de matière organique légère et d'humine héritée dus au fait que l'humidité prolongée dans le temps permet leur décomposition plus poussée. Du reste, dans ces sols prédominent l'*humine évoluée*

et les *acides humiques gris* (PALLO, l.c), fractions qui reflètent une faible perte de carbone total et une plus forte humification.

Au total, la détermination d'une part des teneurs en sucres libres et d'autre part des coefficients de corrélation de rang entre celles-ci et les diverses fractions de la matière organique, indique que les substances énergétiques hydrosolubles des sols étudiés proviendraient

principalement de la *matière organique légère*, de l'*humine héritée* et des *acides humiques extraits à la soude* qui sont tous des produits jeunes formés à partir des résidus végétaux.

Manuscrit accepté par le Comité de Rédaction le 23 avril 1986.

BIBLIOGRAPHIE

- BACHELIER (G.) et GAVINELLI (R.), 1966. — Dosage global des glucides du sol par les méthodes colorimétriques à l'anthrone et à l'orcinol. *Cah. ORSTOM. sér. Pédol.* Vol. IV, n° 3 : 97-103.
- BACHELIER (G.), 1968. — Contribution à l'étude de la minéralisation du carbone dans les sols. *Mém. ORSTOM* n° 30, Paris.
- BERTHELIN (J.), 1976. — Etudes expérimentales des mécanismes d'altération des minéraux par des microorganismes hétérotrophes. Thèse de Doctorat es Sciences, Université de Nancy I, 198 p.
- BERTHELIN (J.) et TOUTAIN (F.), 1977. — Biologie des sols. *in* : Pédologie des sols. *in* : Pédologie t. 2, Masson et Cie édit. Paris.
- CHECHIRE (M.V.), CRANWELL (P.A.), FALSHAW (C.P.) et FLOYD (A.J.), 1967. — *Tetrahedron* 23 : 1669-1682.
- DABIN (B.) *et al.*, 1967. — Application des dosages automatiques à l'analyse des sols. 3^e partie : dosage du carbone organique dans les sols tropicaux. *Cah. ORSTOM. sér. Pédol.*, Vol. V, n° 3.
- DABIN (B.), 1971. — Etude d'une méthode d'extraction de la matière humique du sol. *Sci. du sol* n° 1.
- DABIN (B.), 1976. — Méthode d'extraction et de fractionnement des matières humiques du sol. Application à quelques études pédologiques et agronomiques dans les sols tropicaux. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, Vol. XIV, n° 4 : 287-297.
- DOMMERGUES (Y.) et MANGENOT (F.), 1970. — Ecologie microbienne du sol. Masson, Paris, 796 p.
- GUCKERT (A.), 1973. — Contribution à l'étude des Polysaccharides dans les sols et de leur rôle dans les mécanismes d'agrégation. Thèse Doct. Etat, Université de Nancy I, 124 p.
- JACQUIN (F.), 1963. — Contribution à l'étude des processus de formation et d'évolution de divers composés humiques. Thèse Doct. Etat, Fac. Sci. Nancy, 156 p.
- JANSSON (S.L.) et PERSON (J.), 1968. — In Isotopes and radiation in soil organic matter studies. I.A.E.A. ; Vienna : 111-142.
- JURASEK (L.), COLVIN (J.R.) et WHITAKER (D.R.), 1967. — In *Advances in Applied Microbiology*. Wayne et Umbreit, eds., Academic Press, New York and London : 131-170.
- MARTIN (J.P.), ERVIN (J.O.), et SHEPHERD (R.), 1966. — *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 30 : 196-200.
- MAYAUDON (J.), 1971. — In *Soil Biochemistry*, Vol. II. McLaren (A.D.) et Skujins (J) eds., Marcel Dekker, Inc., New York : 202-255.
- MAYAUDON (J.) et SIMONART (P.), 1958. — *Plant and soil*, 9 : 376.
- NORKRANS (B.), 1967. — In *Advances in Applied Microbiology*. Wayne et Umbreit, eds., Academic Press, New York and London.
- PALLO (F.), 1982. — Comparaison des caractères physico-chimiques et de la matière organique de trois pédon cultivés et vierges situés entre Fada N'Gourma et Piega (Haute-Volta). Thèse Doct. 3^e cycle. Univ. Aix Marseille III.
- POCHON (J.) et de BARJAC (H.), 1958. — *Traité de microbiologie des sols. Applications agronomiques*. Dunod, 685 p.
- SPEARMAN (C.), 1904. — The proof and measurement of association between two things. *Am. J. PAV.* Ch. 15.