

# ÉTUDE CRITIQUE DE QUELQUES PROFILS DE SOLS DE LA PAMPA OBSERVÉS DANS LE SUD-EST DE LA PROVINCE DE BUENOS-AIRES

par

M. SOURDAT\*

## RÉSUMÉ

*Au cours d'une brève tournée, l'auteur a observé, décrit et échantillonné quelques profils de sols bien représentatifs des terres agricoles de la région visitée. Il les définit aux niveaux supérieurs de la classification de G. AUBERT comme des brunizems sur loess ; il les distingue au niveau de la phase selon des différences attribuées à une dégradation du type originel sous l'effet de l'exploitation agricole.*

*Caractères communs et caractères distinctifs sont commentés sur la base des descriptions au champ d'abord, puis des résultats d'analyse.*

*Les commentaires les plus développés concernent l'examen du profil cultural au champ et les tests d'instabilité structurale, selon les méthodes de S. HENIN ; et aussi l'état des composés humiques fractionnés par électrophorèse selon la méthode introduite en France par P. DUCHAUFOR et F. JACQUIN.*

*Divers graphiques illustrent les résultats obtenus et les corrélations observées. Le diagnostic porté au champ se trouve confirmé à l'analyse : il s'agit de sols naturellement fertiles, mais aussi très sensibles à la rupture d'équilibre qu'introduisent le surpâturage, les cultures abusivement répétées et les pratiques agronomiques inadéquates.*

*L'auteur conclut par quelques recommandations visant la conservation de la fertilité et situe les sols qu'il a observés par rapport aux sols de la Prairie décrits aux U. S. A. par J. S. JOFFE.*

---

\* Chargé de recherche contractuel O.R.S.T.O.M.

## RESUMEN

*Durante un breve viaje, el autor ha observado, descrito y recogido algunos perfiles de suelos, bien representativos de las tierras agrícolas de la región visitada. Los define en los niveles superiores de la clasificación de G. AUBERT como brunizems en loess; los distingue en el nivel de la fase según unas diferencias imputadas a una degradación del tipo original bajo el efecto de la explotación agrícola.*

*Caracteres comunes y caracteres distintivos están comentados primeros según las descripciones después según los resultados de análisis.*

*Los comentarios más desarrollados concierne el examen del perfil cultural sobre el terreno y los ensayos de la inestabilidad estructural, practicados según los métodos de S. HENIN, y también el estado de los compuestos húmicos fraccionados por "electroforesis" según el método introducido a Francia por P. DUCHAUFOR y F. JACQUIN.*

*Varias gráficas ilustran los resultados obtenidos y las correlaciones observadas. El diagnóstico dado sobre el terreno está confirmado por el análisis: se trata de suelos naturalmente fértiles sino también muy sensibles a la ruptura de equilibrio que introducen el sobrepastoreo, los cultivos repetidos abusivamente y las prácticas agronómicas inadecuadas.*

*El autor concluye con algunas recomendaciones a propósito de la conservación de la fertilidad y sitúa los suelos que ha observado respecto a los suelos de la Prairie descritos en los U. S. A. por J. S. JOFFE.*

## SUMMARY

*During a round, the author observed, described and sampled some profiles which are representative of agricultural soils in the area of studies. These profiles are classified by the author as brunizems in loess in the higher parts of G. AUBERT classification; they differ from one another, at level of phasis, in differences, which a degradation according to a primary type, owing to cultivation deserves.*

*Common and distinctive characters are discussed at first from the descriptions and later according to analysis.*

*Most developed comments affect examination of profiles in open field and tests of structural instability carried out according to HENIN's system, and too, state of humic compounds separated by electrophoresis, according to a system brought in France by DUCHAUFOR and JACQUIN.*

*Different diagrams show results and correlations the author got and observed. Diagnosis given in open field is confirmed by analysis: it is a question of soils fertile by nature, but feeling very much the upsetting of the equilibrium brought in by overgrazing, cultures contrary to usages and wrong agronomical uses.*

*The author ends by some recommendations concerning the fertility conservation and compare these soils with Prairie soils described in U. S. A. by J. S. JOFFE.*

## PLAN

- 1 - Présentation
  - 2 - Profils caractéristiques
  - 3 - Réflexions sur la morphologie des profils
  - 4 - Commentaire des résultats d'analyses pratiquées sur deux profils typiques
    - 4.1 - Description succincte
    - 4.2 - Texture
    - 4.3 - Nature des argiles
    - 4.4 - Eléments échangeables et capacité d'échange
    - 4.5 - Instabilité structurale
    - 4.6 - Matière organique
    - 4.7 - Séparation des acides humiques par électrophorèse
  - 5 - Conclusions
    - 5.1 - Pratique agronomique et profil cultural
    - 5.2 - Classification
- Bibliographie

Les observations qui suivent ont été effectuées en février 1965 au cours d'une mission patronnée par la Coopération Technique Française en Argentine pour le compte du Gouvernement de la Province de Buenos-Aires (1).

Les prélèvements de sols ont été analysés aux laboratoires des Services Scientifiques Centraux de l'O.R.S.T.O.M. à Bondy, sous la direction de B.DABIN.

## 1 - PRÉSENTATION

La partie sud-est de la Province de Buenos-Aires (Fig. 1a) est une plaine de loess, légèrement ondulée, traversée par la Sierra de Tandil. Elle comporte de nombreux bas-fonds mal drainés et des lagunes sub-côtières.

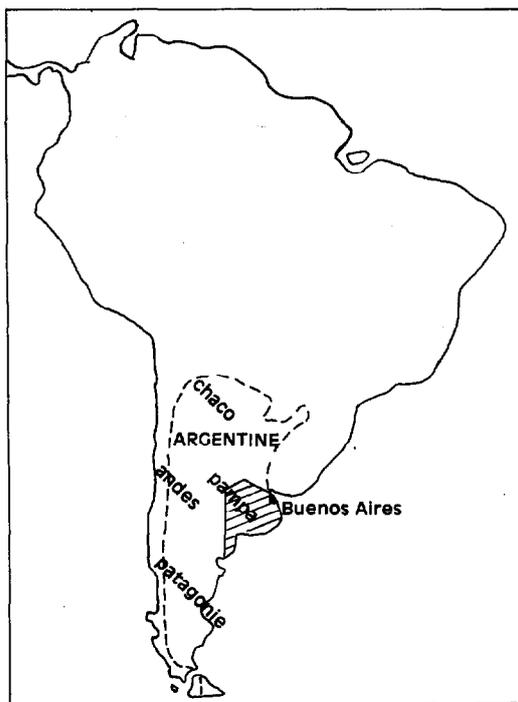
Les sommets de la Sierra, les dunes, les lagunes et les zones marécageuses sont généralement incultes. Pâturages et cultures sont établis presque exclusivement sur la partie moyenne de la plaine où s'est développé un type de sol qu'on peut dire typique de la Pampa du Sud-Est : ce sol est connu sous le nom de Brunizem, autrement dit Sol de la Prairie (Sol isohumique à complexe partiellement désaturé, dans la classification de G. AUBERT 1962).

Les facteurs de pédogenèse du Brunizem sont essentiellement la végétation graminéenne de Pampa, le climat tempéré humide, et le loess, auxquels il faut sans doute adjoindre les conditions déficientes du drainage.

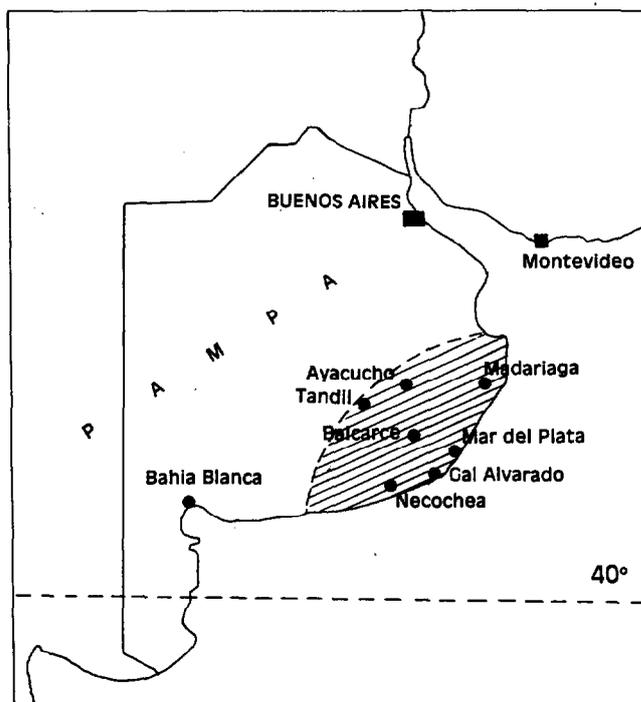
**La végétation** originelle de la Pampa est une steppe graminéenne où dominent entre autres : *Paspalum quadrifarium* et *Stipa brachyclaeta*. Quelques associations caractéristiques signalent sporadiquement l'existence d'hydromorphie, de salinité, voire d'alcalisation. Les adventices sont extrêmement florissantes après pâturage et culture.

---

(1) Un compte-rendu de cette mission a été publié dans le Bulletin bibliographique de Pédologie O.R.S.T.O.M. 1965, XV, 4.



Situation de la Province de Buenos-Aires



Situation de la Région Sud-Est

**Le climat** est tempéré humide. Sur la côte, à Mar del Plata, la pluviométrie annuelle atteint 1 000 mm. Elle diminue vers l'intérieur : 800 mm à Ayacucho (Fig. 1b).

Les saisons les plus arrosées sont le printemps et l'été. L'été cependant est écologiquement la saison la plus sèche, suivi de l'automne, en raison de l'évapotranspiration plus forte.

La température estivale ne dépasse pas 40°. En hiver, on observe des valeurs de -2° à Madariaga, point le plus abrité de la côte, et -7° sur les hauteurs de Tandil. Ces températures d'hiver suffisent à inhiber fortement le développement végétal.

Les vents parcourent librement l'espace nu de la Pampa. Ils déplacent parfois les horizons superficiels. L'insolation est élevée du fait d'un ciel généralement clair et de l'absence d'ombrage.

Il convient toutefois d'opposer l'ambiance maritime et la modération du climat de la Pampa du sud-est, aux conditions continentales, nettement plus rigoureuses, de la Prairie d'Amérique du Nord et des steppes d'Europe centrale.

**Le loess** constitue une roche-mère fertile, meuble et profonde, pourvue d'une nappe d'eau douce en profondeur. Son homogénéité est rompue par l'existence de plusieurs couches d'accumulations calcaires liées aux oscillations climatiques quaternaires.

**L'engorgement des profils** résulte de l'uniformité topographique du dépôt loessique, de la trop faible pente des cours d'eau, de la présence des accumulations calcaires à faible profondeur et des propriétés intrinsèques du loess. Cet engorgement se double, semble-t-il, d'une argilification des horizons profonds qui constituent le niveau B des profils.

## 2 - PROFILS CARACTÉRISTIQUES

Le sol typique de la Pampa du sud-est est de couleur gris-brun en A, brun foncé en B, beige en C. Il est riche en matière organique profondément répartie, décarbonaté, légèrement acide et désaturé. Il présente un horizon B textural et structural.

Ces caractères sont très constants, et définissent le sol jusqu'au niveau de la famille comme un brunizem sur loess. Au niveau du sous-groupe s'insèrent les caractères secondaires, tels qu'induration, engorgement, etc.. La profondeur est prise en considération au niveau de la série et l'évolution sous culture au niveau de la phase.

**Profil n° 1** - Province de Buenos-Aires, Gal Alvarado : Chacra experimental d'Iraizoz.

**Topographie** : Très faiblement ondulée. Le profil est en position intermédiaire entre le sommet de l'ondulation (sol à croûte calcaire) et le fond (sol légèrement hydromorphe).

**Roche-mère** : Loess du Bonaerense, avec léger recouvrement sableux éolien récent.

**Pluviométrie** : 900 mm ; cette localité bénéficie de l'influence proche de l'océan et ne connaît pas de déficit hydrique.

**Végétation** : A l'origine, il y a eu la steppe et les pâturages naturels, puis, depuis 15 ans, une succession de cultures : pomme de terre, céréale, betterave, deuxième céréale, jachère pâturée. A présent, dans une jachère, on relève la présence, entre autres, de *Festuca elacior*, *Dactylis glomerata* et une luzerne chétive en raison du manque de calcaire.

0 - 10 cm	Horizon de culture, limon finement sableux ; brun-noir, humifère ; structure polyédrique moyenne à fine, meuble, aérée, reposant sur une strate de paille enfouie ; le tapis de racines superficiel n'est pas encore constitué.
A <sub>1</sub>	
10 - 35 cm	Limon finement sableux, brun-rouge très foncé, brillant, humifère, avec une légère ségrégation de l'humus, qui laisse apparaître des grains de sable nus ; structure polyédrique moins nette, mais plus grossière que dans l'horizon précédent, parfois même à tendance prismatique ; très bon enracinement.
A <sub>2</sub>	
35 - 70 cm	Limon grossier argileux, brun-rouge avec une abondante patine d'humus de couleur "marc de café" sur les éléments structuraux et des amas humiques à l'intérieur : la coupe lissée offre l'aspect d'un bois de pipe moucheté ; structure prismatique très nette, recoupée par des plans horizontaux, très consistante mais non indurée ; enracinement remarquable, dense et bien réparti.
B <sub>1</sub>	
70 - 115 cm	Limon grossier argileux de couleur plus claire, avec film humique moins dense et structure moins marquée.
B <sub>2</sub>	
115 - 150 cm	Transition, limon grossier légèrement argileux, couleur brun-beige avec encore un film humique ; structure prismatique faible, tendant à massive. Le loess décarbonaté apparaît en dessous.
BC	

Le profil n° 1 est un exemple de la série des sols les plus profonds, de texture légère, et bien drainants qui existent dans la partie la plus maritime du sud-est. Ils sont associés à des brunizems à croûte calcaire (tosca) ou à des brunizems hydromorphes.

Leur morphologie permet à l'eau de s'infiltrer et de s'emmagasiner sur une large tranche du profil. Les racines viennent facilement exploiter la fraîcheur du sous-sol. Ils ne pâtissent donc ni d'engorgement ni de dessiccation.

Cultivés raisonnablement avec de fréquents retours au pâturage, ils peuvent conserver leurs caractéristiques et leur potentiel de fertilité. Ils sont aptes à toutes les cultures annuelles, notamment à la pomme de terre et à la betterave, pour lesquelles leur vocation semble nettement affirmée.

**Profil n° 2** - Province de Buenos-Aires. Entre Tandil et Ayacucho.

**Topographie** : Quasi plane.

**Roche-mère** : Loess et léger recouvrement.

**Pluviométrie** : 800 mm ; la localité subit un léger déficit hydrique qui pose un problème agronomique.

**Végétation** : Pâturage naturel dominé par *Paspalum quadrifarum* avec également *Poa lanifera*, *Stipa sp.*, *Bromus brevis*, *Artemisia sp.*, *Sporobolus poireti*, *Melilotus indicus*, *Lolium multiflorum*, *Medicago hispida*, *Mentha sp.*, *Centaurea calcitrapa*.

- |                  |   |
|------------------|---|
| 0 - 12 cm        | Limon grossier sableux, brun gris, humifère ; structure polyédrique peu nette, peu consistante avec un tapis de racines.  |
| A <sub>1</sub>   |   |
| 12 - 20 cm       | Peu marqué ; limon finement sableux, gris brun clair ; structure à tendance massive, donnant des éclats friables ; humifère.  |
| A <sub>2</sub>   |   |
| 20 - 40 cm       | Limono-argileux, brun sombre ; humifère, avec film humique ; structure prismatique dégradée à tendance polyédrique.   |
| B <sub>1</sub>   |   |
| 40 - 50 cm       | Loess imprégné d'humus sous forme de film le long des fissures ; première réaction à l'acide. Au delà, fin de l'humus et loess calcaire. Il y a probablement une "tosca" vers 1 m. L'enracinement est peu dense et mal réparti dans tout le profil. |
| B <sub>2</sub> C |   |

Le profil n° 2 est un exemple de la série des sols moyennement profonds des zones plus éloignées de l'océan, où ils sont associés à des sols hydromorphes ou salins. C'est plus précisément un exemple d'une phase de faible dégradation.

Il semble en effet qu'un surpâturage dont témoigne la présence d'*Artemisia sp.* ait affaibli la couverture végétale et la production de matière organique. Le complexe colloïdal est sensibilisé à la battance : les horizons A plus inconsistants, les horizons B plus compacts. Dans ces conditions, l'engorgement et la dessiccation se font alternativement sentir. En été, la continuité hydrique est rompue au niveau des horizons B que les racines explorent d'ailleurs imparfaitement.

Ces sols portent des céréales et du tournesol avec retour fréquent à la jachère pâturée. Ils pourraient être améliorés par la pratique des engrais-verts. Il faudrait ouvrir les horizons B sans pulvériser les horizons A par des façons culturales du type scarifiage profond, de préférence au labour par charrue à disques habituellement pratiqué.

**Profil n° 3** - Province de Buenos-Aires. Route n°3 au km 263 (cet exemple n'est pas situé dans le sud-est, mais il est identique à ceux qu'on pourrait trouver).

**Topographie** : Plane et dominée par des terrasses peu élevées.

**Roche-mère** : Loess et léger recouvrement limoneux d'origine proche.

**Pluviométrie** : 750 à 800 mm.

**Végétation** : *Paspalum quadrifarum*, *Stipa sp.*, *Centaurea calcitrapa*, quelques cypéracées, *Artemisia sp.*, *Mentha sp.*, *Bromus brevis*, *Sporobolus poireti*. Surface couverte à 100 %.

- |                |  |
|----------------|--|
| 0 - 3 cm       | Sable fin limoneux, brun sombre, humifère ; structure polyédrique émoussée, petite et moyennement développée, plus divisée au niveau des racines.  |
| A <sub>1</sub> |  |
| 3 - 15 cm      | Sable fin limoneux, brun ; structure polyédrique moyenne avec racines, humus assez bien mêlé.  |
| A <sub>2</sub> |  |
| 15 - 20 cm     | Sable fin limoneux, brun clair ; structure de tendance massive avec peu de racines.  |
| A <sub>3</sub> |  |
| 20 - 40 cm     | Limono-argileux, humifère, humide, couleur brun sombre, avec film humique ; structure en petits éléments cubiques à faces luisantes, humides et légèrement collantes. Ensemble très consistant, très difficile à dégager à la pelle-bêche. Il n'y a pas de racines.<br>Au-dessous apparaît progressivement le loess brun-beige, mêlé de petits amas calcaires annonçant la "tosca". La nappe se trouve sans doute au niveau de la "tosca". |
| B              |  |

Ce profil est un exemple de brunizems hydromorphes peu profonds à horizon B compacté, dits planosols. Une alcalisation de cet horizon est plausible. Ces sols sont associés à des brunizems peu profonds et à des sols salés, ou à alcali et salés.

Ce sont des sols de pâturage peu productifs. L'herbe est aqueuse en hiver, sèche en été. Ils peuvent être améliorés par des scarifiages profonds et l'enfouissement de plantes telles que le sorgho, dont la grande masse végétale aère la structure et provoque par sa décomposition un abaissement salulaire du pH.

#### **Profil n° 4 - Province de Buenos-Aires. Environs de Balcarce.**

Ce profil situé sur une pente moyenne, sous le piedmont de la sierra, présentait à 20 cm une semelle de labour impénétrable à la pelle-bêche, tandis que les horizons superficiels étaient réduits à un sable fin peu structuré de couleur claire et brillante. Ce sol était entouré d'autres sols non dégradés appartenant à des parcelles différemment cultivées.

C'est un exemple de brunizem dégradé à horizon compacté, non par hydromorphie comme le n°3, mais sous l'influence d'un abus de culture.

Il semble qu'une exportation exagérée d'azote consécutive à des cultures répétées de pomme de terre, sans aucune restitution d'engrais ni de matière verte, soit cause de l'abaissement de la vie microbienne et de la production d'humus. Les horizons A sont appauvris, lessivés et finalement privés de leur complexe colloïdal.

Une telle dégradation ne serait pas exceptionnelle dans la région et témoigne d'un danger grave.

### **3 - RÉFLEXIONS SUR LA MORPHOLOGIE DES PROFILS**

Le sol de la Pampa du sud-est jouit d'une réputation de fertilité très grande, voire inépuisable : cette réputation se fonde sur la qualité et la richesse en humus des sols vierges sous steppe originelle.

L'observation du profil pédogénétique et du profil cultural de sols cultivés incite pourtant à émettre quelques réserves touchant la qualité et la stabilité de leur humus et par conséquent la conservation de ces profils et de leur fertilité. Bien qu'on ne puisse tirer de conclusions certaines du trop petit nombre de profils observés, ces réserves sont fondées sur les points suivants :

- Les profils vierges sous steppe originelle montrent, toutes choses égales par ailleurs, des horizons de couleurs plus foncées en surface et moins différenciés entre eux. L'humus semble plus lié à la matière minérale et ne laisse pas apparaître de sables nus.
- Une ségrégation de l'humus et du support minéral apparaît dans les horizons A des sols les mieux cultivés (profil n° 1) et devient flagrante dans les sols abusivement exploités (profil n° 4).
- L'infiltration de l'humus jusque dans les horizons C dénote une excessive mobilité. Il enrobe les éléments de la structure et comble les vides de la porosité sans que l'intérieur des éléments en soit totalement imprégné. Il semble donc migrer par solubilisation.
- Cette instabilité de l'humus facilite la dégradation du profil sous l'influence des façons culturales. De même, il existe une influence réciproque entre ces phénomènes et la diminution du potentiel chimique.

On peut corriger ces observations pessimistes en remarquant, d'une part, que l'éclaircissement du sol et la raréfaction de l'humus dans les sols après culture sont des faits normaux à un certain degré, d'autre part que la présence d'humus coïncide jusque dans l'horizon C avec celle des racines des graminées.

L'aspect d'enduit superficiel affecté par l'humus peut être accentué par les engorgements locaux surtout s'ils sont dûs à des eaux légèrement salées.

L'examen de la morphologie conduit donc à poser un problème : c'est l'analyse chimique et physique qui nous fournira les éléments de solution.

## 4 - COMMENTAIRES DES RÉSULTATS D'ANALYSES PRATIQUÉES SUR DEUX PROFILS TYPIQUES

Les circonstances n'ont pas permis d'effectuer en temps voulu l'échantillonnage des profils décrits au chapitre 2. Cependant leur morphologie étant très caractéristique des diverses phases à mettre en évidence, il a paru nécessaire de les citer comme exemples.

Pour appuyer les commentaires d'analyse, il a fallu recourir à l'échantillonnage de deux autres profils représentatifs d'une série et de phases intermédiaires entre celles des profils n°1 et 2. Il a paru suffisant d'en fournir une description succincte et synoptique.

On peut tenter de retirer de l'examen morphologique ou de l'analyse, **sous forme d'hypothèses de travail plutôt que de conclusions**, le maximum d'enseignements. Si les données sont regrettamment dispersées, cette dispersion résulte des circonstances d'un voyage trop bref.

Les profils n°5 et 6 étant situés à plus de 100 km l'un de l'autre, on notera l'identité des caractères analytiques au niveau de la sous-classe et de la série. Bien que ces profils ne se prêtent pas autant que ceux qui sont décrits au chapitre 2 à une comparaison dynamique de phases, on pourra remarquer que le profil n°6 (en friche) présente un gradient régulier des valeurs chimiques tandis que le profil n°5 (sous culture) présente des déficiences caractéristiques dans l'horizon A<sub>2</sub>. Cette dégradation en phase cultivée se traduit par une discontinuité des indices physiques, l'horizon 5-A<sub>2</sub> ne s'alignant pas sur les graphiques avec les autres.

### 4.1 - Description succincte des profils n° 5 et 6

Profil n° 5		Profil n° 6	
Province de Buenos Aires Balcarce, à 700 km environ en aval du profil n° 4		Province de Buenos Aires Madariaga, au nord de la ville, à quelques km en direction de Conesa	
Topographie : Partie inférieure d'un piedmont étendu à partir d'une table de la Sierra. Faiblement inclinée.		Topographie : Terrasse plane peu élevée au-dessus de sols humides et salés.	
Roche-mère : Loess et léger recouvrement.		Roche-mère : idem.	
Pluviométrie : 900 mm.		Pluviométrie : idem.	
Végétation : Chaume d'avoine avec nombreux chardons noirs. La surface est très bien couverte, mouillée, de couleur presque mauve.		Végétation : Friche à chardons noirs, ray-grass et armoise. Surface très bien couverte.	
A <sub>1</sub>	0 - 20 cm Limon grossier finement sableux, brun-noir ; structure polyédrique, émoussée, fine à moyenne ; meuble.	A <sub>1</sub>	0 - 20 cm Limon brun-rouge ; structure polyédrique moyenne assez nette et légèrement consistante ; bon enracinement et faune visible.
A <sub>2</sub>	20 - 40 cm Limon grossier finement sableux, légèrement lessivé à couleur plus claire ; structure plus massive, légèrement induré, racines plus rares	A <sub>2</sub>	20 - 35 cm Peu différent du précédent ; structure moins nette et légèrement compactée.
B	40 - 60 cm Limon grossier argileux brun avec film humique ; structure prismatique moyenne très consistante.	B	35 - 50 cm Limon argileux brun-beige avec film humique et amas dans les pores ; structure prismatique moyenne très nette et assez consistante donnant de petites plaquettes ; enracinement encore dense.
BC	60 - 90 cm Apparition progressive du loess décarbonaté ; limon grossier légèrement argileux, brun-beige avec encore un abondant film humique ; structure à tendance massive, meuble.	BC	50 - 65 cm idem.

## 4.2 - Texture

Texture	Profil n° 5				Profil n° 6			
	5-A <sub>1</sub> 0-20	5-A <sub>2</sub> 20-40	5-B 40-60	5-BC 60-90	6-A <sub>1</sub> 0-20	6-A <sub>2</sub> 20-35	6-B 35-50	6-BC 50-65
Argile %	16.5	14.0	38.5	23.0	17.5	16.5	37.0	23.0
Limon fin %	10.5	9.5	6.0	7.5	13.0	12.5	6.5	8.5
Limon grossier %	13.5	33.0	14.0	28.0	20.5	31.5	20.5	31.0
Sable fin %	42.0	37.0	33.0	35.0	36.5	30.0	27.5	32.5
Sable grossier %	1.1	1.3	0.8	1.3	1.3	1.1	0.6	0.6

G. PLAISANCE et A. CAILLEUX (1958) proposent 0,025 mm comme diamètre du grain médian d'un loess.

Des chiffres cités par A. RUELLAN (1965) pour des chernozems d'Ukraine, on peut déduire un diamètre de 0,010 mm pour le grain médian.

Pour les échantillons 5-BC et 6-BC correspondant au loess décarbonaté, le grain médian est de 0,040 mm : il s'agit donc d'un loess assez grossier.

Les horizons superficiels pauvres en argile entrent dans la catégorie des matériaux battants.

La représentation graphique des profils texturaux (Fig. 1) met en évidence l'homogénéité du matériau original et l'identité des remaniements pédogénétiques. Ceux-ci consistent, d'une part, en un lessivage peu accentué de la fraction fine globale (argile + limons fins et grossiers), d'autre part, en une substitution des argiles aux limons grossiers dans les horizons B. Cette substitution peut être interprétée comme une argilification en place.

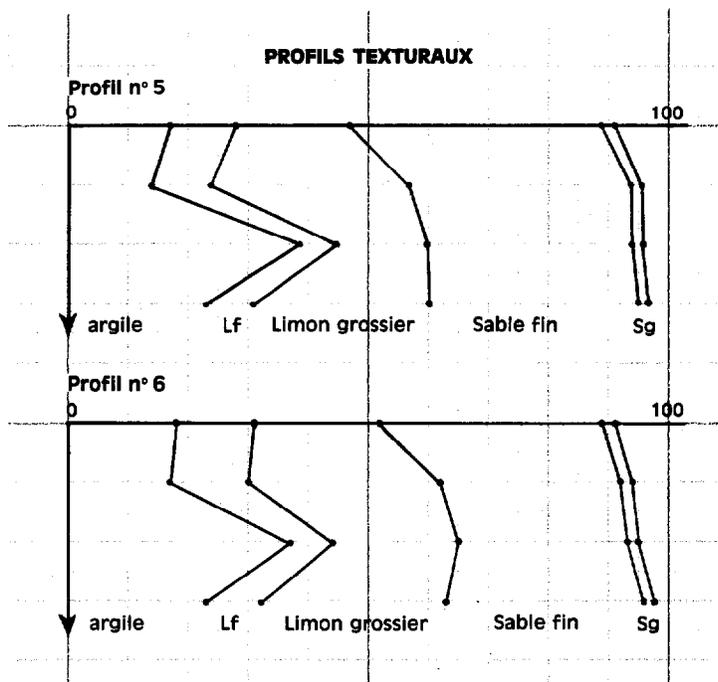


Figure 1

### 4.3 - Nature des argiles

analyse d'argiles	Les résultats sont identiques pour les deux profils
Echantillons A <sub>1</sub>	Un peu d'illite Traces possibles de montmorillonite Probablement produits amorphes
Echantillons BC	Montmorillonite importante Un peu d'illite

Ces résultats sont malheureusement incomplets et n'autorisent pas de commentaires, sinon pour constater que le matériau originel est doué *a priori* d'une forte capacité d'échange et d'un grand pouvoir de gonflement. Ceci expliquerait la morphologie des horizons B. La montmorillonite, par contre, serait détruite dans les horizons A<sub>1</sub>.

### 4.4 - Éléments échangeables et capacité d'échange

Bases échangeables	Profil n° 5				Profil n° 6				
	n° d'échantillon profondeur en cm	5 - A <sub>1</sub> 0-20	5 - A <sub>2</sub> 20-40	5 - B 40-60	5 - BC 60-90	6 - A <sub>1</sub> 0-20	6 - A <sub>2</sub> 20-35	6 - B 35-50	6 - BC 50-65
méq. Ca %		14.85	10.80	7.30	13.70	18.00	8.35	4.60	11.25
Mg %		1.65	1.95	17.20	3.70	1.70	2.60	15.80	5.40
K %		1.50	1.10	1.55	1.45	1.55	1.50	1.55	1.55
Na %		0.25	0.30	0.60	0.50	0.20	0.15	0.40	0.35
S		18.25	14.15	26.65	19.35	21.45	12.60	22.35	18.55
T		25.10	16.70	29.00	20.60	27.20	23.30	28.00	20.60
S/T %		73	85	92	94	79	54	80	90
pH		5.6	6.4	7.0	7.1	5.7	5.7	6.6	7.0

La capacité d'échange est élevée, eu égard à la texture peu argileuse. Les profils sont légèrement désaturés en surface et presque totalement saturés en profondeur.

Les éléments échangeables sont bien équilibrés sauf en ce qui concerne les horizons B. On y observe un taux très étonnant de magnésium. Il semble que le magnésium soit présent à l'origine dans le loess et se soit trouvé concentré par lessivage et action de nappe à la profondeur des engorgements. Peut-être aussi vient-il des eaux de ruissellement.

### 4.5 - Instabilité structurale

Les tests d'instabilité structurale ont été pratiqués selon la méthode de S. HENIN (1960).<sup>(1)</sup>

(1) Trois prises de chaque échantillon subissent des prétraitements respectivement à l'alcool, à l'air et au benzène, puis sont tamisés sous l'eau. Un indice I<sub>s</sub> est calculé en fonction du taux moyen des agrégats recueillis sur les tamis, des sables grossiers et des éléments fins dispersés.

Instabilité	Profil n° 5				Profil n° 6			
	5 - A <sub>1</sub> 0-20	5 - A <sub>2</sub> 20-40	5 - B 40-60	5 - BC 60-90	6 - A <sub>1</sub> 0-20	6 - A <sub>2</sub> 20-35	6 - B 35-50	6 - BC 50-65
n° d'échantillon profondeur en cm								
agrégats/alcool %	36.8	10.5	27.3	4.7	41.2	30.3	30.7	2.5
agrégats/air %	31.6	5.4	7.8	2.3	38.7	21.8	19.6	1.8
agrégats/benzène %	33.4	3.6	2.3	1.9	49.2	18.2	10.9	1.5
I <sub>s</sub>	0.19	2.03	2.02	12.25	0.11	0.44	1.00	21.20
matière organique	8.9	2.8	1.1	0.6	7.8	5.4	1.9	0.3

Les profils 5 et 6 sont caractérisés par une instabilité élevée du matériau originel : instabilité qu'exprime l'indice  $I_s > 10$  pour les horizons BC. La stabilité des horizons médians est mauvaise ou faible, ce qu'expriment les indices  $I_s \geq 1$  pour les horizons 5-A<sub>2</sub>, 5-B, 6-B.

Seuls les horizons superficiels A<sub>1</sub> sont doués d'une stabilité structurale satisfaisante qu'expriment les indices  $I_s < 0,2$ .

Une corrélation inverse se manifeste entre l'instabilité  $I_s$  et les taux de matière organique pour chaque horizon (Fig. 2).

Il s'avère que la structure et sa stabilité sont des caractères acquis par la pédogenèse sous l'influence du facteur **steppe** et en dépit du facteur loess. (1).

(1) La comparaison des taux d'agrégats obtenus à la suite de chaque traitement permet de préciser cette interprétation.

L'alcool a pour effet de préserver les agrégats de l'action dispersante de l'eau. Les taux d'agrégats correspondant à ce traitement donnent donc une idée du taux d'agrégation du sol à l'état sec.

Pour les horizons BC, les taux d'agrégats/alcool sont inférieurs à 5% : ceci semble indiquer que sous l'apparence massive le matériau originel est de structure particulière. C'est la carence d'agrégat plutôt que l'instabilité qui le caractérise.

Sous l'apparence massive ou prismatique, les horizons A<sub>2</sub> et B du profil n° 5 ne présentent encore qu'une faible tendance à la structure fragmentaire : ce que traduisent les taux d'agrégats/alcool  $\leq 27\%$ .

Cette structure est peu stable dans les conditions naturelles que reproduit le traitement air-eau (agrégats/air  $< 8\%$ ). Elle s'effondre en présence du dispersant énergétique qu'est le benzène (agrégats/benzène  $< 4\%$ ).

Les horizons A<sub>2</sub> et B du profil n° 6 montrent une structure un peu plus affirmée (agrégats/alcool = 30%) mais elle ne résiste que très partiellement à l'action des traitements air-eau, et surtout benzène-eau. Cette résistance étant proportionnelle au taux de la matière organique.

Les horizons A<sub>1</sub> sont les seuls doués d'une structure de type fragmentaire satisfaisante (agrégats/alcool  $\geq 36\%$ ).

Non seulement cette structure résiste assez bien à l'action de l'eau dans les conditions naturelles (agrégats/air  $> 31\%$ ), mais elle bénéficie en présence du benzène d'un effet de protection de par les complexes benzène - matière organique qui peuvent se former lorsque la matière organique est abondante.

Les Fig. 3 et 4 illustrent ces différents aspects du phénomène.

Malgré la nature particulière du matériau originel, l'apparition de matière organique au taux de 1% se révèle donc capable de former des agrégats dans le sol, mais ces agrégats sont instables.

La stabilité se manifeste et augmente proportionnellement à la matière organique à partir de taux supérieurs à 1%.

Le rôle protecteur de la matière organique n'est pleinement efficace qu'à partir de taux supérieur à 6%.

Figure 2

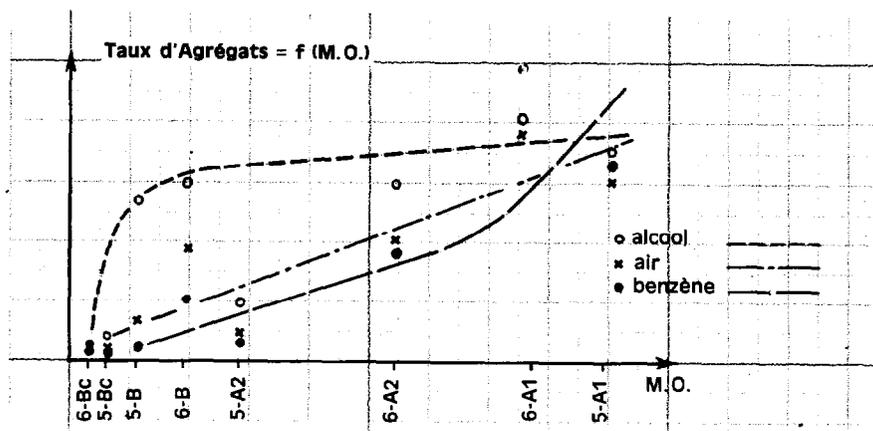
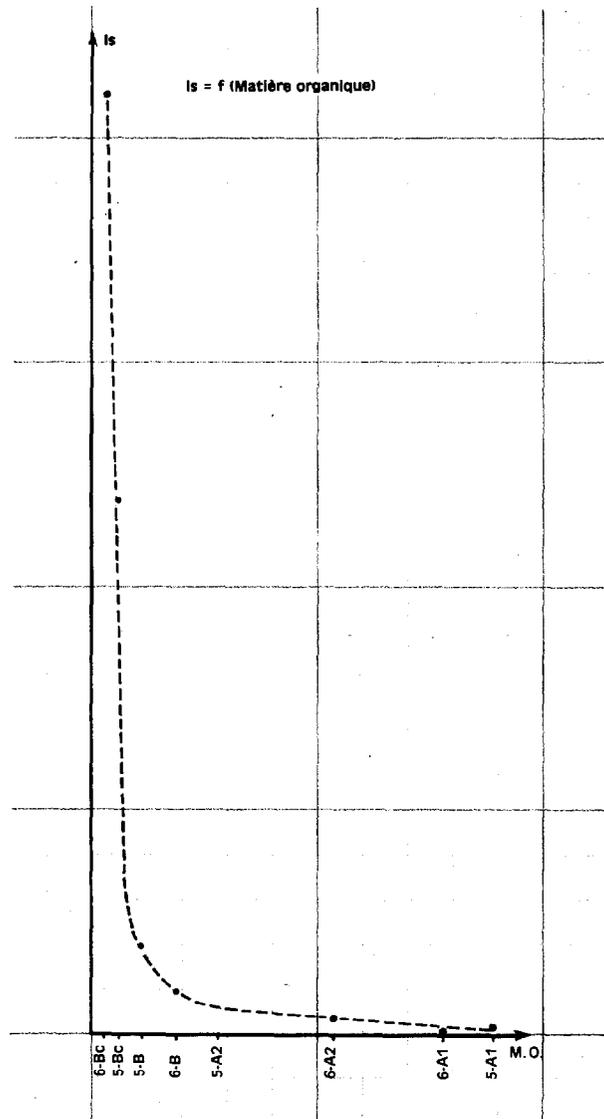


Figure 3

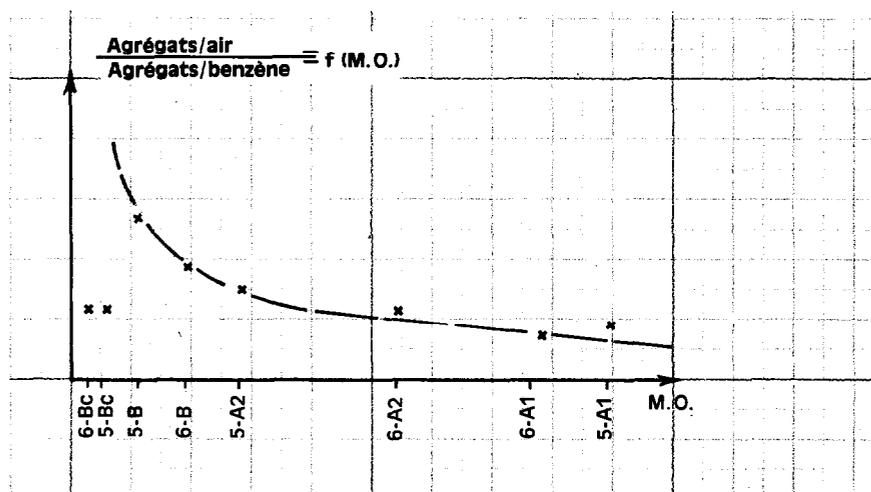


Figure 4

## 4.6 - Matière organique

matière organique	Profil n° 5				Profil n° 6			
	5-A1 0-20	5-A2 20-40	5-B 40-60	5-BC 60-90	6-A1 0-20	6-A2 20-35	6-B 35-50	6-BC 50-65
n° échantillon profondeur en cm								
matière organique %	8.0	2.8	1.1	0.6	7.8	5.4	1.9	0.3
azote ‰	3.550	1.170	0.720	0.410	3.180	2.245	1.110	0.340
C/N	13.0	13.7	9.0	7.8	11.9	14.0	9.9	5.9
C humique ‰	9.38	4.30			8.62	6.81	0.68	
C fulvique ‰	1.61	0.79			2.10	1.65	0.85	
C hum. + C fulv. ‰	10.99	4.82	0.90	0.49	10.72	8.46	1.53	0.29
Af/Ah %	17.0	19.6			24.1	24.2	125.0	
Taux d'humification	23.0	30.1	13.8	15.3	23.6	26.9	13.9	14.5

La matière organique totale est abondante en surface, mais décroît rapidement en profondeur. Les valeurs trouvées pour les horizons B et BC sont faibles, eu égard à la forte coloration qu'ils présentaient au champ.

De même, l'azote n'est vraiment abondant que dans les horizons A.

Le taux d'humification est faible (inférieur à 27%). Il pourrait s'expliquer par des conditions locales défavorables à l'activité microbienne ou par la déficience du support minéral stabilisateur.

Pour comparaison, le taux d'humification d'un chernozem typique serait de 51 % (1).

La minéralisation est active bien que le rapport C/N soit légèrement plus élevé que dans les autres sols isohumiques (1).

Le rapport a.fulviques/a.humiques des horizons A est remarquablement bas (inférieur à 25 %). Il pourrait indiquer une polymérisation poussée des composés humiques. Il est de l'ordre de ceux qui caractérisent les tirs et vertisols plutôt que les sols isohumiques (1).

Une migration sélective entraîne les acides fulviques en profondeur où ils sont insolubilisés, ce qu'exprime la valeur AF/AH = 125 pour l'horizon 6 B.

#### 4.7 - Séparation des acides humiques par électrophorèse (2)

Les diagrammes obtenus (Fig. 5, 6, 7, 8, 9) sont remarquables par l'importance des crochets correspondants aux acides gris et aux acides intermédiaires. Ils s'apparentent aux diagrammes caractéristiques des chernozems.

Ils s'en distinguent cependant par l'élargissement du crochet correspondant à une bande d'acides gris assez étalée donc légèrement migrante.

Par ailleurs, le pic secondaire décrit par les auteurs, correspondant à la variété d'humus gris dite "chernozemique", n'apparaît pas.

(1)

Valeurs de référence (horizon A1) (selon DUCHAUFOR et JACQUIN (1963-1964), DUCHAUFOR et DOMMERGUES (1963), RUELLAN (1965))								
	Sol châtain sur loess Crimée	Chernozem sur loess Ukraine	Tirs du Maroc	Vertisols du Sénégal	Sols bruns subarides du Sénégal	Chernozem valeur moyenne	Chernozem typique Kursk	Chernozem Mélitopol
N ‰	1,9	2,5	0,6 à 1,7	0,3 à 11	0,3 à 0,5			
C/N	7,8	10,7	9,9 à 13,9	12,0 à 18,1	8,4 à 12,3		11	11
AF/AH ‰	58	27	16 à 34	18 à 40	70 à 160	30	29	47
Humification %	42,6	51,3	35,1 à 45,8	25,8 à 50,0	35,1 à 40,5	51		

(2) Les acides humiques bruns, de couleur relativement claire, peu polymérisés, sont assez mobiles dans le sol. Ils sont faiblement liés aux argiles et flocculent lentement par l'ion calcium à concentration élevée.

Lors de l'électrophorèse sur papier ils migrent vers l'anode.

Les acides humiques gris, plus foncés, plus fortement polymérisés, liés intimement à l'argile flocculent très rapidement sous l'influence de l'ion calcium même à faible concentration.

Lors de l'électrophorèse sur papier leur migration est faible ou nulle.

A partir du dépôt, on observe sur l'électrophorégramme en direction de l'anode une plage grise passant à une plage brune par l'intermédiaire d'une zone plus ou moins colorée.

Par mesure de densité optique on transpose l'électrophorégramme en graphique et par l'évaluation des aires, le test devient quantitatif. Les aires correspondantes aux acides gris, bruns et intermédiaires ont été limitées par convention au tiers et à la moitié du graphique.

Le rapport des différentes fractions entre elles (ainsi que la forme du diagramme) sont caractéristiques des types de sols.

(DUCHAUFOR et JACQUIN 1963-1964, DUCHAUFOR et DOMMERGUES 1963, DABIN 1965).

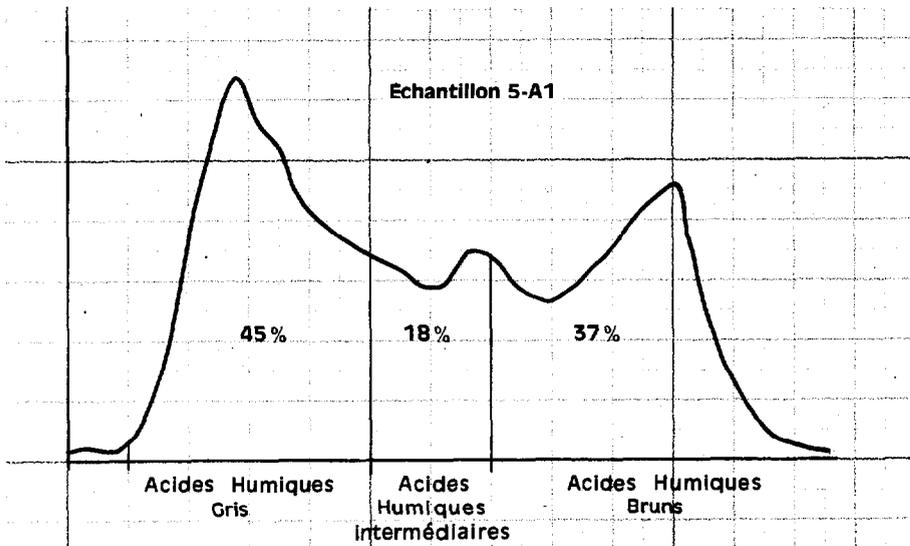


Figure 5

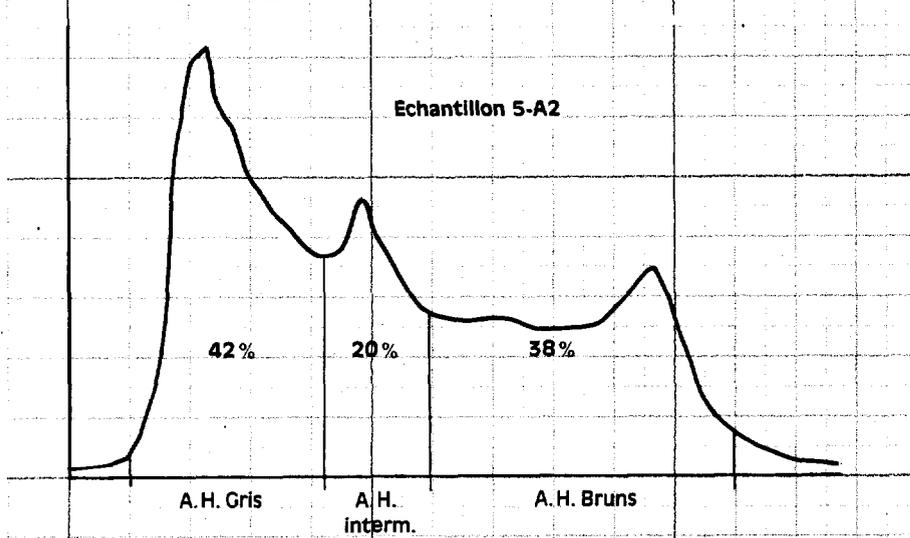


Figure 6

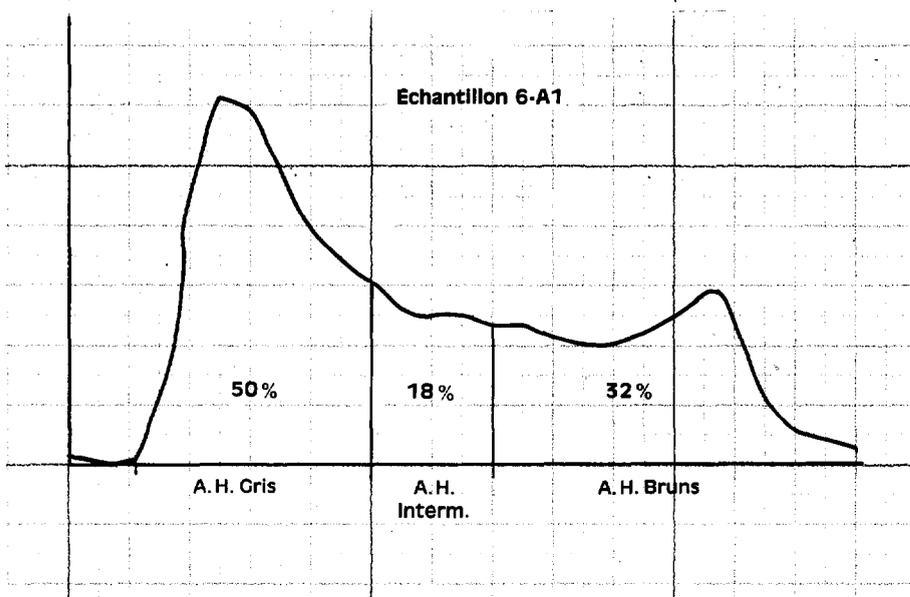


Figure 7

Figure 8

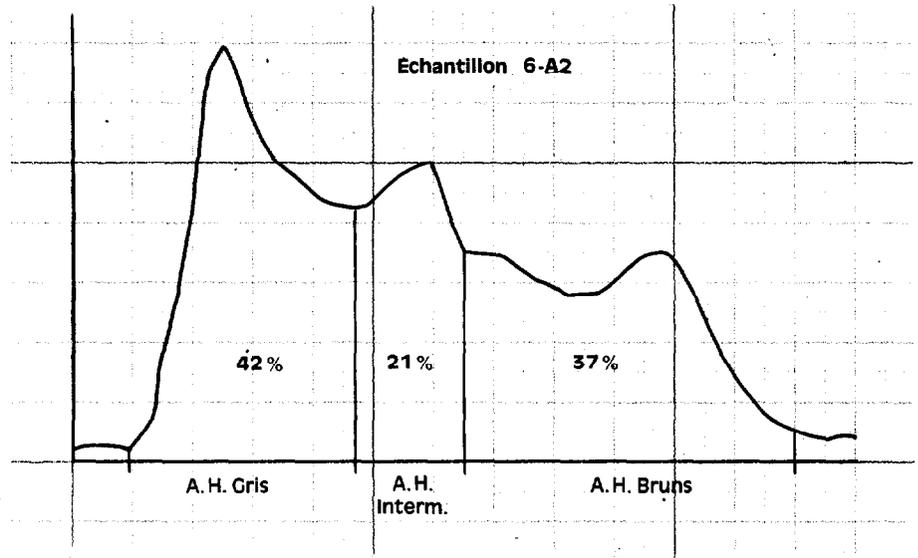


Figure 9

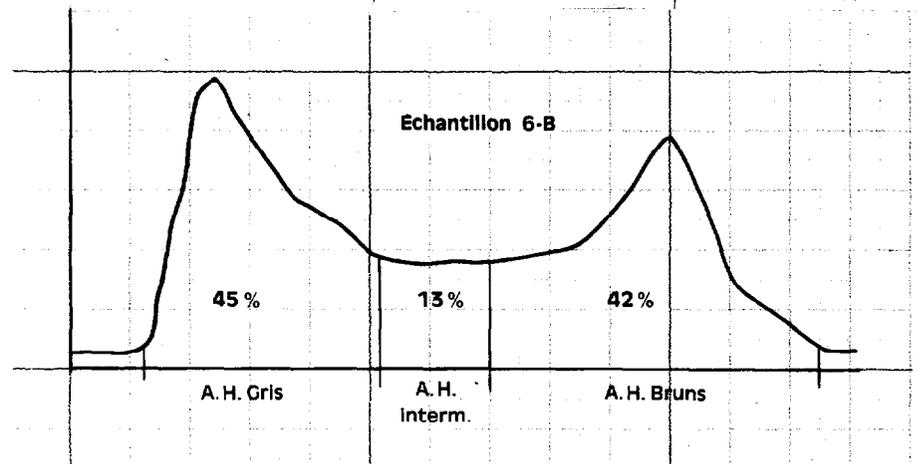
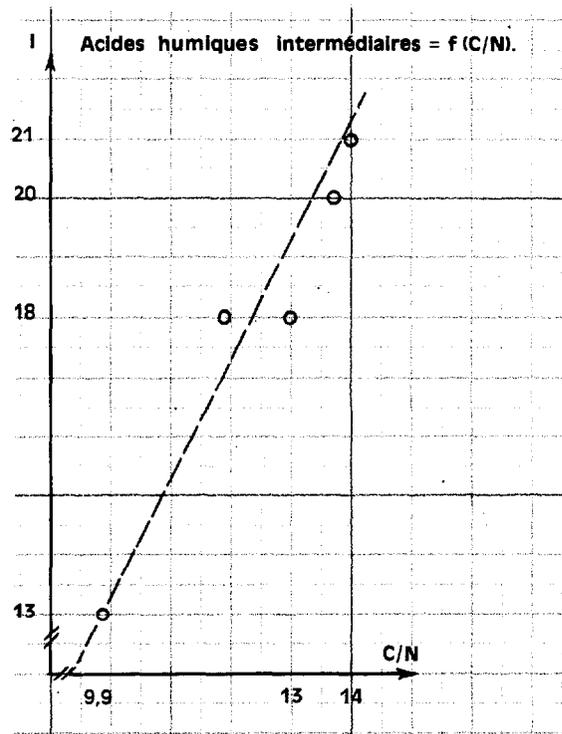


Figure 10



L'interprétation quantitative des aires fournit les données suivantes :

Fractionnement	Profil n° 5		Profil n° 6		
	n° échantillon profondeur en cm	5 - A <sub>1</sub> 0-20	5 - A <sub>2</sub> 20-40	6 - A <sub>1</sub> 0-20	6 - A <sub>2</sub> 20-35
Acides gris %	45	42	50	42	45
Ac. intermédiaires %	18	20	18	21	13
Acides bruns %	37	38	32	37	42

Ces profils présentent un taux moyen d'acides gris de 45 %. Ce taux et la position graphique du crochet semblent assez constants.

Cette valeur situe l'évolution de l'humus à un stade inférieur à celui qui caractérise les humus de chernozems de tirs et de vertisols (1). Est-ce en contradiction avec le faible rapport A.fulviques/A.humiques interprété comme l'indice d'une polymérisation poussée ?

Le taux des acides bruns est élevé dès la surface (1) et augmente en profondeur. Leur position graphique est légèrement variée.

Le taux des acides intermédiaires est très élevé (1) particulièrement dans les horizons A<sub>1</sub>. Il varie notablement dans les profils, ce qu'exprime la présence ou l'absence du crochet correspondant.

Il semble y avoir une relation entre le taux des acides intermédiaires et le rapport C/N (Fig. 10).

On peut donc penser que l'élaboration des composés humiques est très active en début de chaîne, mais qu'elle est très ralentie au stade des acides intermédiaires.

Dans une proportion supérieure à 50 %, l'humus de ces sols reste imparfaitement lié au support minéral et partiellement mobile, d'autant plus que par sa nature limono-sableuse ce support minéral est un médiocre stabilisateur.

Sur tous les aspects que l'analyse et les tests ont permis de préciser, ces profils de sols de la Pampa s'apparentent aux chernozems, mais présentent par rapport à ceux-ci des caractères de dégradation.

L'hypothèse, formulée à la suite de l'examen morphologique, et selon laquelle le complexe colloïdal des sols de la Pampa du sud-est serait en équilibre instable en raison des propriétés du loess et de l'humus, se trouve confirmée.

(1)

Valeurs de référence (horizon A <sub>1</sub> ) (selon DUCHAUFOR et JACQUIN (1964), DUCHAUFOR et DOMMERS (1963)).				
	Tirs du Maroc	Vertisols du Sénégal	Sols sub-arides du Sénégal	Chernozems de valeur moyenne
acides gris %	66 à 75	73 à 77	58 à 65	55
acides intermédiaires %	5 à 8	6 à 10	9 à 16	
acides bruns %	15 à 25	15 à 19	26	

## 5 - CONCLUSIONS

### 5.1 - Pratique agronomique et profil cultural

Le sol de la Pampa du sud-est ne peut pas être cultivé comme si la conservation de son potentiel biogène, de ses propriétés physico-chimiques et de sa morphologie, étaient par nature à l'abri de toute épreuve.

La pratique agronomique devra s'inspirer de quelques recommandations que nous formulons brièvement.

Le repos des terres et la reconstitution de l'humus seront ménagés par la pratique des pâturages contrôlés, des jachères cultivées, des prairies temporaires et des engrais verts.

On évitera le retour fréquent aux cultures exigeantes qui ne seraient pas compensées par une fumure minérale.

On cherchera à ne pas accentuer - à réduire, si possible - le contraste entre les horizons A à tendance pulvérulente et les horizons B à tendance compacte.

On veillera à ne pas constituer une semelle de labour, qui se forme notamment lorsque la profondeur des passages de socs coïncide de façon permanente avec le contact des horizons A et B.

On favorisera la répartition des racines et la circulation de l'eau.

Il est souhaitable de réduire la fréquence des façons aratoires, d'en varier la profondeur et le mode d'action.

Les façons semi-profondes, pratiquées au moyen d'instruments fixes pourront être préférées aux façons superficielles et aux instruments mobiles. Les horizons du sol devront être pénétrés plutôt que rompus ou retournés.

Il n'y a pas de règle générale et une saine exploitation des terres devra être raisonnée au champ. Pour chaque cas particulier, le choix de l'assolement et la conduite des travaux devra reposer sur un examen du profil cultural. C'est pourquoi la diffusion et l'enseignement d'une méthode rationnelle d'examen et d'interprétation du profil cultural présentent le plus grand intérêt pour l'agronomie pampéenne.

### 5.2 - Classification

Nous avons étudié le sol de la Pampa du sud-est sous différents aspects liés à la situation locale (série) ou à l'évolution post-culturale (phase).

Sous ces différents aspects, le sol demeure bien défini par la répartition de la matière organique d'origine graminéenne et la saturation incomplète du complexe. Il s'agit d'un sol isohumique à complexe désaturé : d'un brunizem (AUBERT 1962).

En tant que brunizem, il se singularise par le contraste entre les horizons A qui portent les traces d'une dégradation et les horizons B qui portent les traces d'une hydromorphie, ces phénomènes se traduisant surtout par l'état de la matière organique et de la structure.

Ces particularités cependant ne sont pas aberrantes : elles sont signalées par JOFFE (1949) dans son chapitre consacré aux "prairie soils".

Le profil typique selon lui se trouve rarement dans la nature... "plus nombreux sont les profils moins foncés, légèrement acides en surface ; les colloïdes y sont légèrement défloculés et lessivés, le sol est aux premiers stades d'une évolution podzolique (podzolic development)."

Les profils cités par cet auteur présentent en B un coating humique, une structure large et même discoïde, une mauvaise stabilité structurale, etc..

JOFFE cite, à ce propos, MARBUT : "Le paradoxe des Prairie Soils consiste dans le fait que l'horizon A a les caractéristiques des sols semi-arides. L'horizon B cependant a les caractères des sols humides ; ce qui est l'inverse des chernozems dégradés."

Les sols de la Pampa du sud-est doivent donc être classés dans le sous-groupe des brunizems (1).

Une étude plus poussée permettrait peut-être d'introduire à un niveau inférieur de la classification une distinction entre les sols de la Pampa et ceux de la Prairie américaine. Cette distinction semble *a priori* indispensable pour tenir compte des divergences que nous avons signalées entre le climat de la Province de Buenos-Aires et celui de l'Illinois, entre le loess d'Argentine et celui des U.S.A.

## BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT (G.) - 1963 - La classification des sols. La classification pédologique française. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Pédol.*, 3, p.1-7.
- DABIN (B.) - 1965 - Etude qualitative des acides humiques tropicaux par électrophorèse sur papier. 11 p., multigr.
- DUCHAUFOUR (P.),-JACQUIN (F.) - 1963 - Recherche d'une méthode d'extraction et de fractionnement des composés humiques contrôlée par l'électrophorèse. *Ann. agron.*, 14, 6, p.885-918.
- DUCHAUFOUR (P.), JACQUIN (F.) - 1964 - Résultats des recherches récentes sur l'évolution de la matière organique dans les sols. *Bull. bibliogr. Pédol.*, XIII, 1, p.18-24.
- HENIN (S.) - 1960 - *Le profil cultural*. Soc. Editions des Ingénieurs Agricoles, Paris, XXIV, 320 p.
- JOFFE (J.S.) - 1949 - *Pedology*. 2nd ed. Pedology publications, New-Brunswick, N.J., XV, 662 p.
- PLAISANCE (G.), CAILLEUX (A.) - 1958 - *Dictionnaire des Sols*. La Maison Rustique, Paris, VIII, 604 p.
- RUELLAN (A.) - 1965 - Compte-rendu de l'excursion en U.R.S.S. du VIII<sup>e</sup> Congrès international des Sols de Budapest. *Bull. bibliogr. Pédol.*, XIV, 1, p.23-33.

---

(1) L'observation de certains profils inciterait à penser qu'ils sont constitués d'un sol enterré, argileux et humifère, recouvert d'un dépôt fluvio-éolien, sablo-limoneux. Selon un témoignage autorisé, les taux de M.O. des horizons B seraient souvent supérieurs à ceux des horizons A<sub>2</sub>.

Cette hypothèse n'a pu être contrôlée. L'analyse des profils n° 5 et 6 ne l'a pas corroborée.