

Les chernozems de la plaine du Gedeb

(Province d'ARUSSI, Ethiopie)

G. RICHÉ

*Mission Française d'Etude du Wabi Shebelli POB 3267
Addis-Abeba - Ethiopie*

P. SÉGALEN

*S.S.C. de l'ORSTOM 70-74, Route d'Aulnay
93-BONDY - France*

RÉSUMÉ

Des sols ayant une morphologie, des caractéristiques physiques et chimiques rarement observés en Afrique ont été examinés à 2 400 m dans la partie supérieure du bassin versant du Wabi Shebelli dans la province d'Arussi en Ethiopie centrale. Malgré des conditions climatiques des roches-mères différentes de celles de sols analogues en U.R.S.S. et Amérique du Nord, on peut les considérer comme des chernozems.

SUMMARY

Soils having morphological, physico-chemical features seldom observed in Africa have been encountered at an elevation of 2 400 metres above sea level, in the upper part of the Wabi Shebelli basin, in the province of Arussi in Central Ethiopia. In spite of different climatic and parent material conditions of similar soils in U.S.S.R. and North America, these soils can be considered as chernozems.

INTRODUCTION

Des sols présentant une morphologie, des caractéristiques physiques et chimiques de chernozems ont été observés en Ethiopie centrale. Il est apparu intéressant d'examiner les propriétés et les conditions de formation des sols qui prévalent actuellement dans cette région et de les comparer avec celles des sols analogues que l'on connaît dans d'autres parties du monde, en U.R.S.S. et au Canada notamment.

1. LES SOLS DU GEDEB

1.1. Localisation et facteurs de l'environnement

La plaine du Gedeb dont la localité principale est Adaba (fig. 1), est située à la partie amont du bassin du Wabi Shebelle, fleuve qui traverse l'Ogaden du Nord-Ouest au Sud-Est avant de pénétrer en République de Somalie et de se perdre dans les marécages côtiers en bordure de l'Océan Indien. Cette plaine

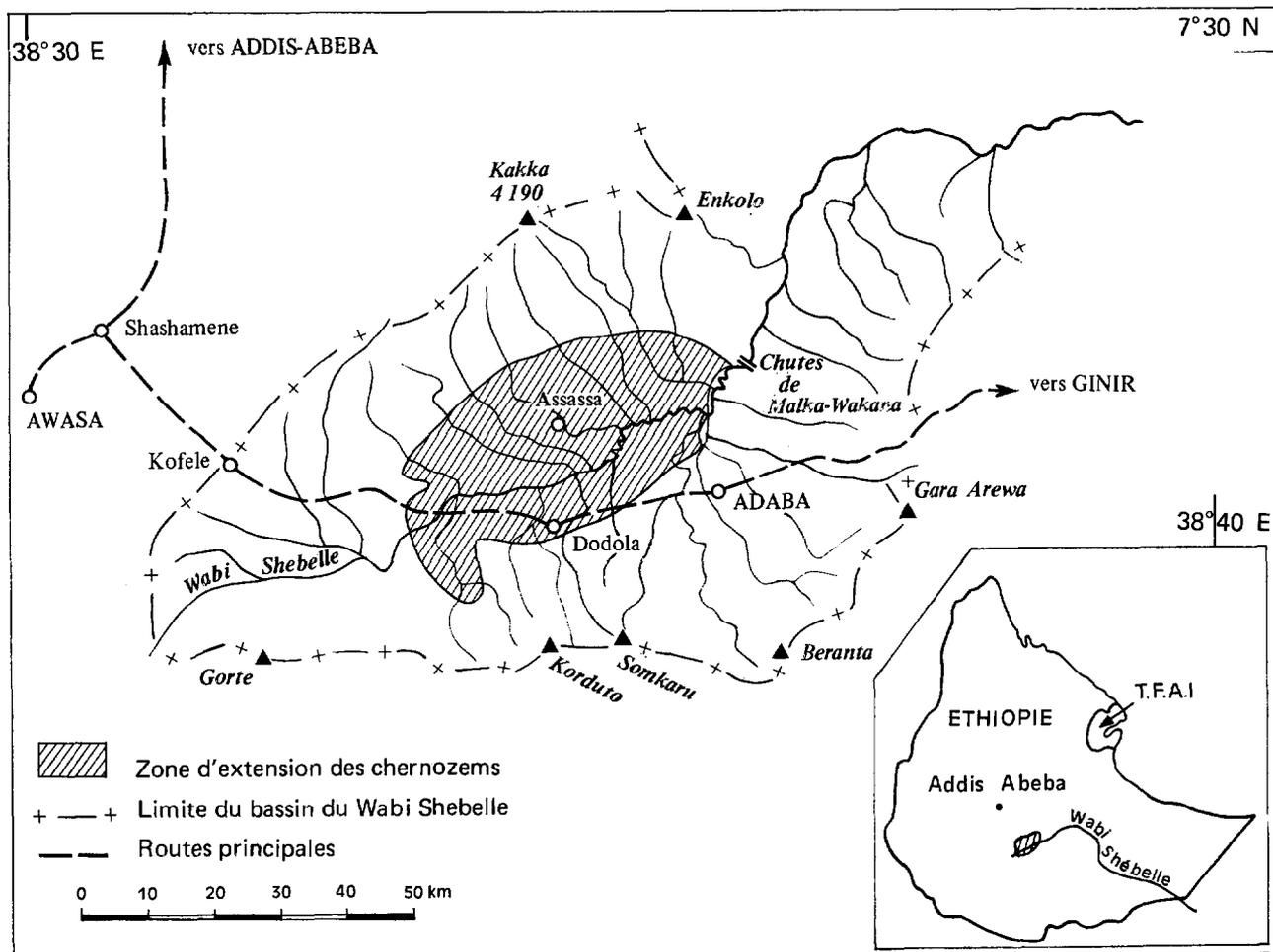


FIG. 1.
CARTE DE SITUATION DES CHERNOZEMS
PLAINE DE GUEDEB - ARUSSI

est située au centre de l'Éthiopie, vers 7°30 lat. N et 38°30 long. E. Son altitude moyenne est de 2 400 m. Elle est dominée surtout au Nord et au Sud par une ceinture de montagnes dont l'altitude varie entre 3 000 et 3 500 m. Ouverte largement vers l'Est elle s'achève par une dénivellation brutale soulignée par les chutes de Melka Wakana.

Le climat de la plaine est caractérisé par :

1° des précipitations de l'ordre de 800 mm tombant

pendant neuf mois avec une sécheresse marquée de novembre à janvier.

2° Une température moyenne annuelle de 13° avec des variations faibles en cours d'année 11,8°, pour le mois le plus froid, 15,1° pour le mois le plus chaud.

La végétation est essentiellement herbacée. La plaine du Gedeb est entièrement cultivée depuis une trentaine d'années avec un système de culture tradi-

tionnelle essentiellement basé sur les céréales (blé-orge) en alternance avec une jachère de longue durée à graminées avec dominance de *Pennisetum Schimperii* utilisée comme pâturage. Dans quelques vallons laissés en végétation naturelle, on note des *Acacia* sp. à voûte surbaissée. (*Acacia xiphocarpa* ?).

La roche-mère est une cendre andésitique consolidée provenant de la Rift Valley à l'Ouest de la plaine. La cendre a recouvert des roches volcaniques d'épanchement qui viennent en affleurement au voisinage du fleuve.

1.2. Morphologie

Le profil suivant paraît caractéristique. Il a été observé sur une topographie plane à pente très douce, sous une vieille jachère à *Pennisetum Schimperii*.

0-7 cm A ₁₁	Brun gris foncé (10 YR 4/2) ; sableux très fin ; grumeleux moyen bien développé ; sec très friable ; nombreuses radicelles ; transition progressive avec
7-35 A ₁₂	Brun gris foncé (10 YR 4/2) ; sableux très fin-limoneux ; granulaire moyen bien développé ; sec friable ; nombreuses radicelles ; transition graduelle avec
35-75 A ₁₃	Brun (10 YR 4/3) ; sableux très fin limoneux ; structure polyédrique émousée moyenne à tendance granulaire bien développée ; sec friable ; radicelles assez nombreuses ; transition brève avec
75-105 (B)	Brun jaune foncé (10 YR 4/4) ; argileux sableux très fin ; structure polyédrique émousée grossière peu développée ; sec friable ; quelques radicelles ; transition nette avec
105-140 Cca	Accumulation calcaire blanche (10 YR 8/2) ; sable très fin ; non durcie poudreuse (soft powdery lime) avec quelques nodules et amas calcaires (poupées calcaires) ; transition progressive avec
150 + R	Tuf gris clair (10 YR 7/2) ; non calcaire, peu durci avec nombreuses ponces.

D'autres profils ont été observés. Ils présentent la même succession d'horizons. Les différences proviennent de l'horizon d'accumulation calcaire diversement induré et épais.

1.3. Caractéristiques physiques et chimiques

La totalité des échantillons passe au travers du tamis de 2 mm.

ANALYSE MÉCANIQUE

Les teneurs en argile augmentent régulièrement dans l'horizon A de 18 à 35 %. Dans l'horizon (B) généralement de faible épaisseur, on note une forte augmentation du taux d'argile (de 35 à 50 %) sans qu'on puisse observer de revêtement argileux. Par contre, dans l'horizon d'accumulation calcaire et dans le matériau tuffacé, la teneur en argile décroît brusquement (de 5 à 12 %). Les teneurs en sable grossier décroissent de la profondeur vers la surface, les limons augmentent de la profondeur vers la surface.

CALCAIRE

La partie supérieure du sol est très faiblement calcaire ; mais vers 100 cm on enregistre un très brutal enrichissement en calcaire poudreux (24,3 %) sous forme d'un encroûtement tuffeux. Cette accumulation de calcaire présente un aspect « soufflé ». Dans ce matériau se développe fréquemment des « poupées calcaires » très dures, de formes diverses, parfois de grande taille. Au-dessous, le calcaire disparaît complètement. Il n'y a pas de calcaire dans la roche-mère.

RÉACTION

Les horizons de surface sont très faiblement acides (pH 6,6). On note une augmentation du pH (7,3) juste au-dessus de l'enrichissement en calcaire. A l'intérieur de celui-ci le pH s'élève brutalement à 9,0.

CONDUCTIVITÉ ÉLECTRIQUE

La suspension au 1/10 présente une conductivité faible en surface (40 μ -mhos/cm), beaucoup plus forte au niveau du calcaire et au-dessous (240 μ -mhos/cm).

MATIÈRE ORGANIQUE DE L'HORIZON A

Les teneurs en matière organique sont voisines de 6 %, en surface, et décroissent régulièrement. Le rapport $\frac{\text{acides fulviques}}{\text{acides humiques}}$ faible en surface 0,43 augmente avec la profondeur 0,79, mais reste toujours inférieur à 1. Le taux d'humification est faible en surface 0,24 % augmente rapidement avec la profondeur (0,41 %-0,66 %). Les teneurs en azote sont élevées en

surface (2,8 %) et décroissent régulièrement. Le rapport C/N est de 12,0 en surface, varie peu avec la profondeur. C'est donc un *mull calcaïque* dont les caractéristiques sont les suivantes :

— Tendance à une certaine accumulation malgré une minéralisation relativement intense.

— Un taux d'humification moyen mais avec une nette dominance de la fraction humique.

LE COMPLEXE ABSORBANT

La capacité d'échange est proche de 26 mé/100 g dans tout le profil. Le complexe absorbant est faiblement désaturé dans l'horizon A, mais on note une augmentation progressive du taux de saturation avec la profondeur dans ce même horizon S/T passe de 86 % en surface à 100 % à 35 cm.

LES BASES ÉCHANGEABLES

Dans l'horizon A le calcium est largement dominant et augmente légèrement avec la profondeur (de 14 à 22 mé/100 g. Le rapport Ca/Mg varie entre 3,8 et 5,6. La teneur en potassium échangeable est relativement élevée et inférieure à 2 mé/100 g.

D'autre part, dans l'accumulation calcaire, on note une augmentation relative du taux de sodium échangeable (2,1 mé/100 g) correspondant à l'altération d'un matériau de type andésitique.

LES CONSTITUANTS MINÉRAUX

Les minéraux argileux ont été examinés par diffraction des rayons X. L'illite est le minéral dominant associé à un peu de kaolinite. Les produits amorphes sont reconnaissables aux rayons X. Par l'extraction acido-basique, on trouve de 1 à 2 % de Fe_2O_3 et Al_2O_3 . Le fer total a été extrait par la méthode DEB cinétique. Trois échantillons de surface fournissent environ 1 % d'oxydes libres.

Les minéraux primaires (1) ont été déterminés dans la fraction sableuse de l'horizon inférieur du profil. On note un plagioclase intermédiaire entre l'andésine et le labrador, quelques quartz bipyramidés, de l'ilménite, de la hornblende et de l'hypersthène. Dans le tuf non altéré, on note une fraction importante de verre. Il s'agit d'un tuf andésitique.

(1) Déterminés par F. PARROT et D. DELAUNE au Laboratoire de Géologie des S.S.C.

Par conséquent, on peut considérer que l'altération a porté surtout sur la partie vitreuse de la roche-mère, mais n'a pas atteint les minéraux cristallisés. L'évolution du sol ne se fait pas vers les andosols car on ne retrouve pas les caractères morphologiques ou physico-chimiques de ces sols (le test Fieldes-Perrott donne un résultat négatif et les produits amorphes sont en très faible quantité).

L'ensemble des caractéristiques morphologiques et physico-chimiques du sol examiné permet de conclure à l'existence de chernozem dans la plaine du Gedeb. La seule différence avec les chernozems décrits dans la littérature apparaît dans la composition minéralogique des sols (illite avec un peu de kaolinite avec un peu d'hydroxydes au lieu de la montmorillonite).

Les observations faites dans le Gedeb ont été confrontées avec les données sur les chernozems fournies par les auteurs soviétiques et nord-américains (BOURNE et WHITESIDE, 1962; Mc CLELLAND *et al.* 1957; DURASOV et ALMAYEV, 1970; GODLIN et SONKO, 1970; IVANOVA et ROZOV, 1967; IVANOVA *et al.* 1970; KRUPSKIY *et al.* 1970; PETKOV, 1965; REDMOND et WHITESIDE, 1967; St ARNAUD et WHITESIDE 1963; VILENSKY, 1957).

2. COMPARAISON ENTRE LES CHERNOZEMS DU GEDEB ET CEUX D'U.R.S.S. ET D'AMÉRIQUE DU NORD

2.1. Répartition des chernozems

En U.R.S.S., les chernozems s'étendent depuis la Moldavie jusqu'en Extrême-Orient à travers l'Ukraine, le Sud de l'Oural, le Sud de la Sibérie (VOLOBUYEV, 1959) au-delà de Omsk entre 40 et 60° Lat. N.

En Amérique du Nord, la zone des chernozems s'étend du Nord vers le Sud entre 40 et 55° Lat. N., depuis les états du Manitoba et Saskatchewan (Canada) jusqu'au Nebraska (U.S.A.) (GANSSEN et HÄDRICH, 1965).

2.2. Facteurs climatiques actuels

Les caractéristiques climatiques des deux zones présentent des analogies certaines. Tout d'abord la

pluviométrie n'est pas très élevée (300 à 600 mm); mais il n'y a jamais arrêt des précipitations puisqu'il tombe chaque mois entre 20 et 40 mm.

Le froid va en augmentant fortement depuis Odessa jusqu'à Omsk. Il en est de même du Nebraska à Winnipeg. L'écart des températures entre le mois le plus froid et le mois le plus chaud est toujours important et augmente de 24° à 35°.

Dans le Gedeb, par contre, la température du mois le plus frais est beaucoup plus élevée, celle du mois le plus chaud nettement plus faible, l'amplitude annuelle est beaucoup plus faible (3°). La pluviométrie est plus élevée (800 mm).

En ce qui concerne la répartition des types de mois d'après PÉGUY (1961), Odessa a un climat tempéré continental peu accusé; le nombre de mois glacials augmente vers l'Est. En Amérique, lorsqu'on va du Sud (Nebraska) vers le Nord (Winnipeg), on assiste au même phénomène.

TABLEAU I

Caractéristiques climatiques de quelques régions à chernozems d'URSS et d'Amérique du Nord

Type de mois : G, Glacial ; F, froid ; O, optimum ; A, aride. Les données synthétisées ci-dessous proviennent de ESTIENNE et GODARD, 1970

Station	Tmoy. mois le plus froid	Tmoy. mois le plus chaud	Précipitation (mm)	Type de mois			
				G	F	O	A
Adaba (Ethiopie)	11,8	15,1	800		2	6	4
Odessa (URSS)	-2,2	22,4	389		4	8	
Karkhov (URSS)	-7,1	21,1	519	2	3	7	
Ufa (URSS)	-15,3	18,2	562	4	2	6	
Omsk (URSS)	-19,2	18,8	325	5	2	5	
North Platte (Neb. USA)	-4,4	24,5	464		5	7	
Bismark (D.S., USA)	-12,8	22,3	385	3	2	7	
Regina (Sask., Canada)	-16,9	19,3	394	5		7	
Winnipeg (Man., Canada)	-17,7	20,2	517	4	1	7	

Adaba présente une répartition des types de mois assez différente. Le seul point commun dans l'ordre climatique est sans doute un arrêt de la végétation dû au froid dans un cas, à la sécheresse dans l'autre.

2.3. Facteurs biotiques

En U.R.S.S. et en Amérique du Nord, la végétation actuelle est le plus souvent de type herbacé. Elle est parfois une association de steppe et forêt.

Dans la plaine du Gedeb, les arbres sont complètement absents, sauf dans quelques vallons, où des Acacia sont abondants. La quasi-totalité du sol est cultivée en céréales (orge ou blé).

L'activité d'animaux de petite taille, comme les rongeurs, n'est guère perceptible.

2.4. Les caractéristiques morphologiques, physiques, chimiques et minéralogiques

La plupart des caractéristiques des chernozems du Gedeb paraissent bien être celles des chernozems d'U.R.S.S. et d'Amérique du Nord. En ce qui concerne les horizons majeurs du sol on a sensiblement les mêmes caractéristiques. Les teneurs en matière organique sont celles que l'on trouve dans les « chernozems ordinaires » de GODLIN et SONKO (1970); le rapport acide humique/acide fulvique est du même ordre.

2.5. Réflexions sur les chernozems du Gedeb

On est en droit d'être frappé par la présence de sols présentant des caractères de chernozems à proximité de l'équateur.

L'examen des facteurs de formation fait apparaître un type de climat caractérisé par une période humide assez longue de type tempéré alternant avec une période sèche assez brève mais marquée. Ce type de climat diffère nettement de ceux des zones classiques des chernozems. La température est très égale tout au long de l'année et il n'y a pas d'opposition entre l'hiver et l'été. Les précipitations sont nettement plus élevées. Mais il y a des différences climatiques considérables entre le sud de l'Ukraine et la région d'Omsk à peu près du même ordre que celles entre le Nebraska et le Manitoba.

Il existe des différences apparentes notables entre les matériaux volcaniques d'Abada et les matériaux d'origine glaciaire de l'U.R.S.S. et de l'Amérique du Nord. Mais ils ont ceci en commun d'être déjà divisés et le plus souvent riches en calcium.

La végétation est actuellement dans les deux cas à base de graminées. On manque de données précises sur l'évolution de la végétation dans le Gedeb. L'absence actuelle d'arbres apparaît due à l'action de l'homme qui a trouvé là une étendue plane, de sols de très bonne qualité et les a cultivés intensément. Partout ailleurs, autour de la plaine, les arbres sont abondants. Les teneurs en matière organique des sols ferrallitiques et de vertisols sont du même ordre; la répartition dans le profil est analogue à celle des chernozems.

Le temps pendant lequel le sol a pu se former n'est pas connu avec précision. Le dépôt de cendres andésitiques s'est produit au cours du quaternaire au moment de la formation de la Rift valley toute proche. Aucun des volcans de cette zone n'est actuellement en activité.

On peut penser que le sol s'est formé de la manière suivante :

Pendant le quaternaire des cendres andésitiques provenant d'édifices situés dans le fossé d'effondrement situé plus à l'Ouest sont déposées sur les basaltes plus anciens de l'Arussi.

Un climat tempéré à pluviométrie moyenne avec une saison sèche assez marquée, s'installe pendant une assez longue période qui permet une altération modérée de la roche-mère, mais une évacuation médiocre des produits de l'altération. La silice et l'alumine se recombinaient pour former de l'illite et de la kaolinite. Seule la partie vitreuse de la roche s'est altérée; la fraction sableuse du sol est constituée en abondance de minéraux altérables (plagioclases, hypersthène,

hornblende). Le fer n'est guère individualisé; les teneurs en oxydes libres sont faibles (1 à 2 %). Le calcium est incomplètement évacué et fixe le gaz carbonique d'origine atmosphérique et pédologique, et s'accumule sous forme de carbonate tuffeux, de nodules et poupées. Les alcalins sont eux-mêmes incomplètement évacués. D'où un pH assez élevé à la base des profils.

La matière organique est fournie au sol par les racines qui se développent facilement dans un matériau meuble et riche. L'arrêt des pluies plusieurs mois par an ralentit la minéralisation, l'humification est très marquée et favorisée par l'abondance du calcium.

Conclusions

Les chernozems du Gedeb présentent des caractéristiques morphologiques, physiques et chimiques très proches de ceux que l'on connaît en U.R.S.S. et Amérique du Nord. Ils dérivent d'un tuf andésitique dont la mise en place est relativement récente. Le minéral argileux dominant est l'illite et non la montmorillonite.

Les conditions climatiques sont assez différentes de celles des grandes zones à chernozem du monde. La présence de graminées est probablement un phénomène très récent.

La présence de chernozem semble due à la conjonction d'une roche mère divisée, riche en calcium, sous un climat caractérisé par des précipitations modérées, une température peu élevée, une saison sèche assez courte mais marquée; un âge relativement peu important fait que l'altération est encore peu développée sur le plan quantitatif.

Manuscrit reçu au S.C.D. le 6 juin 1973.

BIBLIOGRAPHIE

BOURNE (W.C.), WHITESIDE (E.P.), 1962. — A study of the geomorphology and pedogenesis of a modal chernozem developed on loess. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 26, pp. 484-490.

CANADA Dépt. Agriculture, 1970. — The system of soil classification for Canada. Ottawa, 249 p.

Cah. ORSTOM, série Pédol., vol. XI, n° 1, 1973 : 19-27.

DURASOV (A.M.), ALMAYEV (N.), 1970. — Genetic peculiarities of typical and leached chernozems in high trans-volga region (based on data of the group composition humus). *Sov. Soil Sci.*, 6, pp. 641-647.

ESTIENNE (P.), GODARD (A.), 1970. — Climatologie. A. Colin, Paris, 365 p.

- GANSSEN (R.), HÄDRICH (F.), 1965. — Atlas zur Bodenkunde. Hochschulatlanten, Bib. Inst. Mannheim. 83 p.
- GODLIN (M.M.), SONKO (M.P.), 1970. — Humus in ordinary steppe chernozems in the Ukraine. *Sov. Soil Sci.* 1, pp. 8-18.
- IVANOVA (E.N.), ROZOV (N.N.), 1967. — Classification and determination of soil types. *Trad. Israel Program. for Scientific Translation.* 271 p.
- IVANOVA (YE.N.), LOBOVA (YE.V.), NOGINA (N.A.), ROZOV (N.N.), FRIDLAND (V.M.), SHUVALOV (S.A.), 1970. — Development and current status of research on the genesis of soils in the USSR. *Sov. Soil Sci.* 2, pp. 129-144.
- KRUSPKIY (N.K.), KUZMICHEV (V.P.), DEREVYANKO (R.G.), 1970. — Humus content in Ukrainian soils. *Sov. Soil Sci.* 3, pp. 278-288.
- MC CLELLAND (J.E.), MOGEN (C.A.), JOHNSON (F.W.), SCHROER (F.W.), ALLEN (J.S.), 1959. — Chernozems and associated soils of eastern North Dakota : some properties and topographic relationships. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 23, pp. 51-56.
- PEGUY (Ch. P.), 1961. — Précis de climatologie. Masson, Paris. 347 p.
- PETKOV (I.A.), 1965. — Chemical and mineralogical composition of separates of thick and leached chernozem in the central chernozem reservation. *Sov. Soil Sci.* 13, pp. 1536-1547.
- REDMOND (C.E.), WHITESIDE (E.P.), 1967. — Some till derived chernozem soils in eastern North Dakota. Mineralogy micro-morphology and development. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 31, pp. 100-107.
- St ARNAUD (R.J.), WHITESIDE (E.P.), 1963. — Morphology and genesis of a chernozemic to podzolic sequence of soil profiles in Saskatchewan. *Canad. J. Soil Sci.* 44, pp. 88-99.
- VILENSKY (D.G.), 1957. — Soil Science. Trad. Jerusalem 1963, 488 p.
- VOLOBUYEV (V.R.), 1959. — A comparative geographical study of climatic conditions of chernozem formation. *Sov. Soil Sci.*, 8, pp. 889-896.

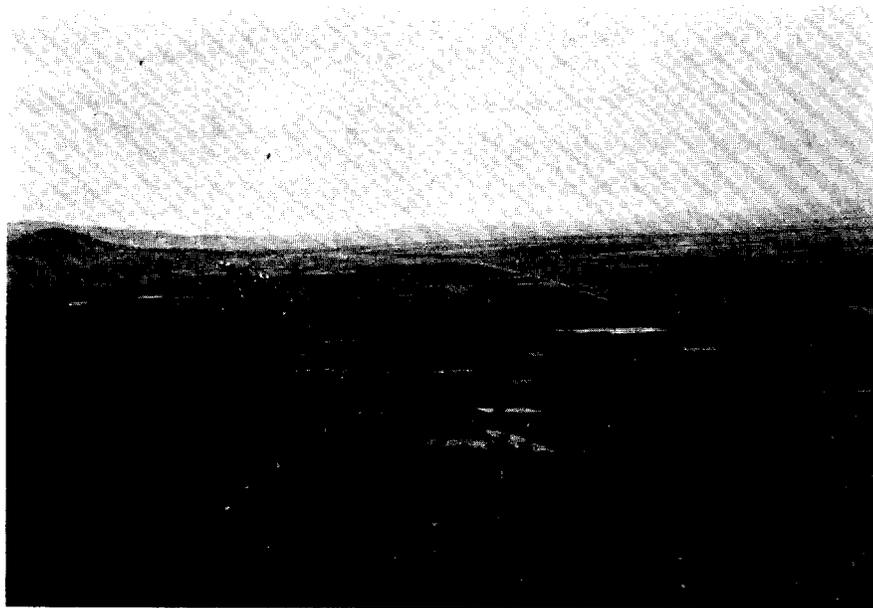


Photo 1. Vue générale sur la plaine du Gedeb.

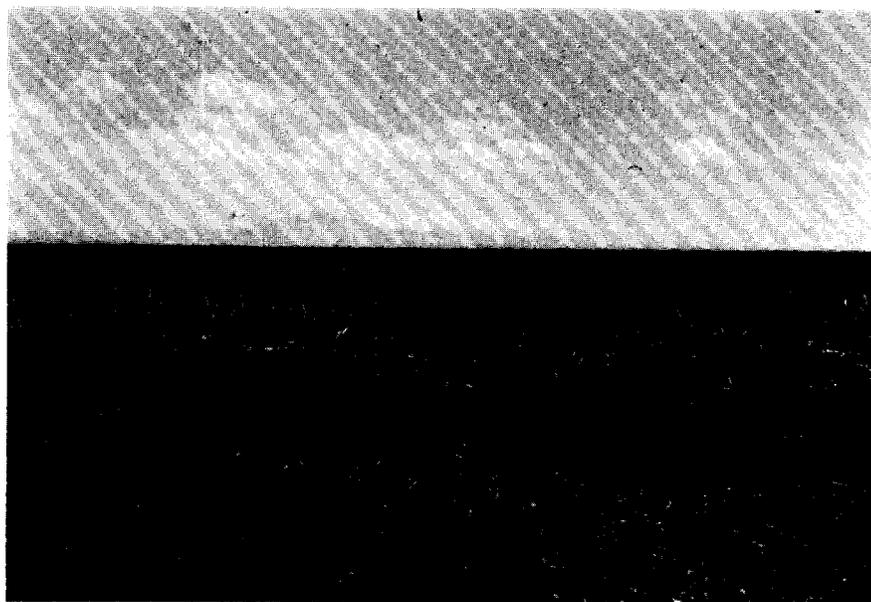


PHOTO 2. La plaine du Gedeb après la récolte.

PLANCHE II

PHOTO 3. Profil de chernozem au Nord d'Adaba. Au-dessous de l'horizon B, l'accumulation de calcaire tuffeux.



PHOTO 4. Dans l'accumulation de calcaire on distingue quelques éléments indurés.

