

Les sols bruns de piedmont du nord de l'Iran

Maurice LAMOUROUX

Pédologue ORSTOM

ORSTOM, 70-74 route d'Aulnay, 93140 BONDY

Avec la collaboration sur le terrain de S.A. IRVANI (Institut des sols d'Iran)
et au laboratoire des techniciens des S.S.C. de l'ORSTOM

RÉSUMÉ

Au nord de l'Iran, en bordure de la mer Caspienne et sur les piedmonts des Monts Elbourz des sols bruns se sont formés sur alluvions ou colluvions, plus ou moins mélangées à des loess.

Dans le Guilan, très pluvieux toute l'année, les sols bruns de piedmont sont argilolimoneux, lessivés, non calcaires, saturés en bases. Les taux de fer libre sont généralement inférieurs à 3 % et les minéraux argileux de type 2/1. Il s'agit de sols bruns plus ou moins lessivés, passant à l'Est à des sols rouges fersiallitiques.

Sur les piedmonts du Mazanderan et du Gorgan, les précipitations varient de 800 mm à 600 mm et les sols bruns sont très limoneux, peu ou pas lessivés, souvent calcaires et saturés en bases. Les taux de fer libre sont inférieurs à 2 % et les minéraux argileux sont de type 2/1. Il s'agit de sols isohumiques marrons, plus ou moins décarbonatés en surface, à accumulation calcaire ou à pseudogley en profondeur.

Dans les plaines plus basses situées entre les piedmonts et la mer, les sols sont hydromorphes et dans les zones arides du Gorgan, il s'agit de solontchaks-solonetz sur matériaux loessiques.

La discussion ouverte sur la Classification des sols bruns porte également sur la mise en place des matériaux de ces sols, sur la vitesse d'apparition de certains caractères considérés comme critères de différenciation des sols.

SUMMARY

BROWN SOILS OF IRAN

In Northern Iran, along the Caspian Sea and on Mt Elbourz piedmont, brown soils have developed. In the Western point or Guilan, climate is wet (1.400 to 2.000 mm) all year long, brown soils are formed on volcanic colluvium. These are clay loams, eluviated non carbonatic, and saturated soils. The free iron content is generally below 3 % and clay fraction contains 2/1 lattice clay minerals. They are classified as orthic luvisols (F.A.O.) or typic hapludalf (U.S.D.A.).

In the Eastern part of Guilan, red, iron oxide rich soils have been encountered (chromic luvisols or typic rhodoxeralf).

Towards the East in Mazanderan and Gorgan, rainfall is lower (600 to 800 mm) on the base foot of the mountains, whereas brown soils derive from alluvium or colluvial material from metamorphic, more or less thickened with loess of various origins. These are loamy, hardly eluviated, often carbonatic saturated soils. The iron oxide content is lower than 2 % and clays contain 2/1 lattice minerals. These are luvisols or calcic kastanozem (F.A.O.) or calcic haploxeralf, or typic calcixeroll (U.S.D.A.).

The problem of the origin of the soil material deriving from colluvium, alluvium and loess is considered. The differentiation and evolution of soils are dealt with through structure, evolution of texture, presence of calcium carbonatic and iron oxides.

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION ET MILIEU

II. LES SOLS OBSERVÉS

1. Les sols des régions humides du Guilan

- 1.1. Morphologie
- 1.2. Micromorphologie
- 1.3. Données analytiques

2. Les sols des régions plus sèches du Mazanderan et du Gorgan

- 2.1. Morphologie
- 2.2. Micromorphologie

2.3. Données analytiques

3. Les sols des zones plus basses situées entre le piedmont et la mer

III. DISCUSSION

- 1. Mise en place des matériaux
- 2. Critères de différenciation et d'évolution des sols. Age des sols bruns
- 3. Classification des sols bruns de piedmont

IV. CONCLUSION

I. INTRODUCTION ET MILIEU

Entre la côte sud de la Mer Caspienne et les contreforts des chaînes de l'Elbourz s'étend une plaine côtière sur 5 à 40 km de large et 600 km de long, des frontières russes du Caucase à celles du Turkménistan (fig. 1).

C'est une plaine très riche où le tiers de la population iranienne, soit 10 à 11 millions d'habitants, vit essentiellement d'agriculture.

On distingue trois grandes régions géographiques :

1. le Guilan, à l'ouest, est une région très arrosée qui reçoit de 1.400 à 2.000 mm de pluie bien répartie sur toute l'année : 50 mm environ chaque mois d'avril à août; 100 à 200 mm chaque mois d'automne et d'hiver. Les températures moyennes restent supérieures à 7 °C en hiver et ne dépassent pas 25 °C en été. C'est un pays de rizières, d'élevage et d'exploitation forestière sur les contreforts montagneux.

2. le Mazanderan, au centre, ne reçoit plus qu'entre 700 et 1.000 mm de précipitations, toujours assez bien réparties. A côté des rizières apparaissent le blé et la polyculture. C'est également une région de tourisme,

avec les stations balnéaires des bords de la Caspienne.

3. le Gorgan, à l'est, reçoit encore 600 mm de précipitations au pied des montagnes, mais très vite quand on s'éloigne vers le nord dans le Turkménistan, il ne pleut plus que 200 mm et même moins.

Céréales, coton et élevage du mouton sont les principales spéculations agronomiques, tandis que le désert occupe la partie nord de la région.

LE CLIMAT de cette plaine (tabl. I) se caractérise donc par des hivers pluvieux, pas très froids, des étés ni très secs, ni très chauds, sauf dans le nord du Gorgan. Ce n'est pas un climat méditerranéen, ni continental, c'est un climat relativement tempéré que l'on retrouve dans la plaine du Pô, au Japon, dans le nord de la Chine, dans le centre-est des Etats-Unis.

L'ENVIRONNEMENT GÉOLOGIQUE est représenté par un ensemble sédimentaire constitué de dépôts marins et continentaux du Néogène et de collines conglomeratiques Post-Eocène. L'examen de l'esquisse géologique des formations montagneuses dominant les sites d'échantillonnage met en évidence :

— le voisinage immédiat de roches volcaniques du

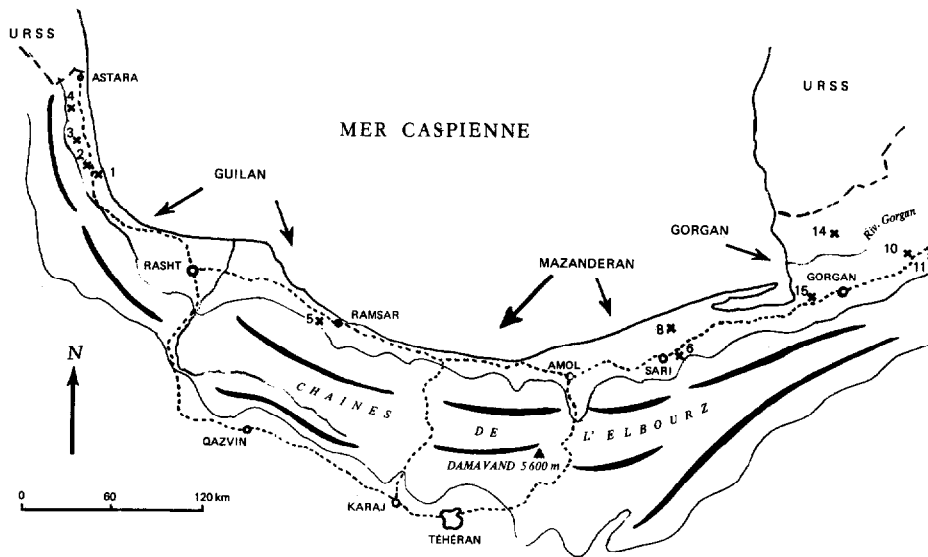


FIG. 1. — Les régions du nord de l'Iran.

Crétacé et des profils IR 1 à IR 4 de la partie ouest du Guilan;

- la proximité de roches volcaniques et sédimentaires avec le profil IR 5 (nous retrouvons basalte et calcaire à la base et au voisinage du profil);
- l'environnement métamorphique et calcaire des profils du Mazandaran et du Gorgan.

LE COUVERT VÉGÉTAL se limite à 3 bandes « oroclimatiques » :

- les plaines côtières et les piedmonts très cultivés;

— les collines et le versant nord de l'Elbourz recouverts, sur 10 à 20 km de profondeur, par des forêts de chênes essentiellement;

- les pentes et hauts sommets montagneux fortement dénudés et érodés, alimentant les bas de pente en matériaux divers (photogr. 1).

Une brève reconnaissance des sols de cette partie nord de l'Iran a été effectuée des régions les plus humides aux régions les plus sèches, en s'attachant plus spécialement à l'étude des sols bruns des plaines de piedmont et des collines de bas de pente.

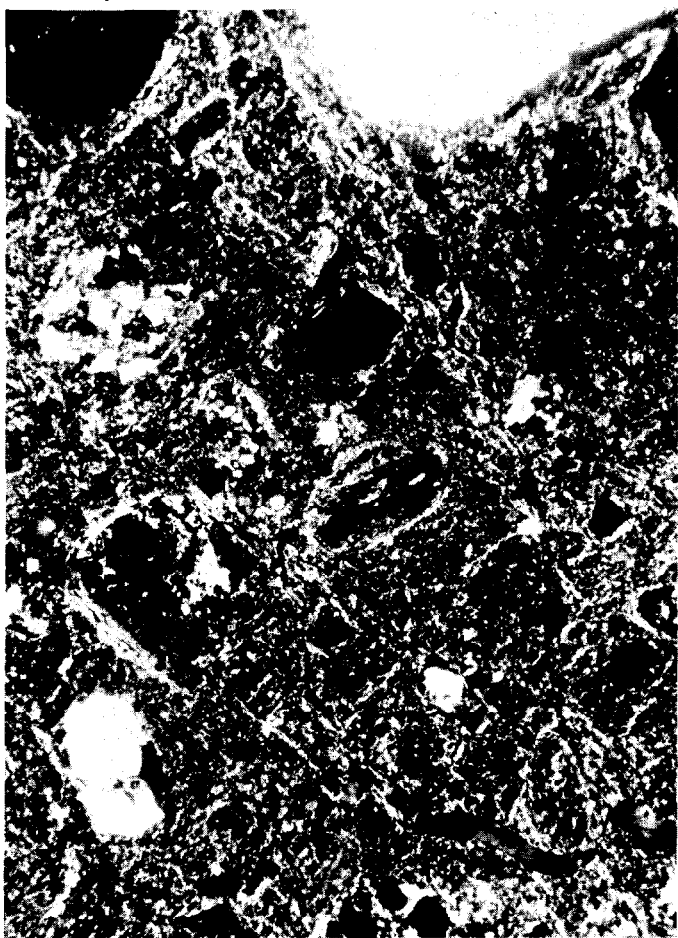
TABLEAU I

Précipitations et températures de 3 stations du nord de l'Iran (moyennes mensuelles)

Stations	T. C. P. mm	J.	F.	M.	A.	M.	J.	Jt	A.	S.	O.	N.	D.	Année
PALHAVI (30 km au nord de RASHT)	T P	7,0 107,6	6,9 101,7	8,2 157,0	12,5 59,0	18,9 39,6	22,7 63,7	25,3 61,5	25,5 79,7	22,4 432,9	18,3 357,7	12,0 369,9	8,7 175,1	2.005,4
BABOLSAR (30 km à l'est d'AMOL)	T P	7,1 60,8	7,3 63,3	9,6 62,0	13,5 34,1	19,5 17,6	22,7 37,9	25,9 58,2	25,9 41,3	23,3 81,9	18,7 116,3	12,8 128,6	9,1 91,3	793,3
GORGAN	T P	8,9 29,5	9,4 38,3	10,3 68,2	14,1 61,1	18,3 28,2	22,2 43,9	27,1 43,5	27,8 26,9	26,0 23,3	18,8 70,1	12,1 43,9	9,0 44,3	521,7



1. Forte érosion en montagne et accumulation des colluvions en bas de pente.



4. Sol rouge fersiallitique (IR54). Assemblage lattisepique. Argilanes plus ou moins détruits se confondant avec les cutanes de pression.



2. Sol rouge fersiallitique (IR5). Faces brillantes des agrégats.



3. Sol isohumique (IR8) marron, calcaire, à pseudogley de profondeur.

II. LES SOLS OBSERVÉS

1. Les sols des régions humides du Guilan

1.1. DU POINT DE VUE MORPHOLOGIQUE, les sols observés sont de couleur brune (10 Y R 4/3) en position de drainage ralenti et brun rouge (7,5 à 5 Y R 4/4) quand le drainage est bon (photogr. 2). Les structures sont bien développées, polyédriques à polyédriques subangulaires s'organisant en surstructures prismatico-cubiques. Les différenciations sont nettes et peuvent être introduites par des variations de matière organique et/ou par l'apparition de traits pédologiques tels que taches de réduction du fer ou « cutanes d'illuviation ». Cependant, les variations texturales peuvent également être le fait de la superposition de niveaux d'apport à textures franchement différentes (niveaux enterrés, organiques ou calcaires).

1.2. DU POINT DE VUE MICROMORPHOLOGIQUE, nous constatons dans les sols bruns non calcaires un mélange intime des matières organiques et des matières minérales. Le « squelette » est riche en minéraux primaires : quartz, feldspath, amphibole, etc. Les vides sont nombreux, les revêtements (argiloferranes) apparaissent dans presque tous les sols, surtout en profondeur et quand le milieu devient plus sableux.

En I R 5, dans un sol rouge bien drainé, les cutanes d'illuviation et de pression s'imbriquent étroitement et sont très abondants (photogr. 4).

1.3. DONNÉES ANALYTIQUES (Tabl. IV)

Ces sols sont relativement riches en matières organiques, ne sont pas calcaires et sont limono-argileux. Ils présentent généralement un « ventre d'argile » (fig. 2) situé à plus ou moins grande profondeur et plus ou moins développé en fonction de l'importance du drainage des précipitations et, semble-t-il, de l'âge des sols. Les pH varient de 6 à 7,5, tandis que les complexes d'échange sont riches en bases (25 à 45 mé/100 g), saturés ou peu désaturés.

— *Les minéraux argileux* sont constitués d'illite ouverte en dominance, associée à des minéraux interstratifiés (IM, IC ou IV), tandis que les minéraux à 14 Å sont peu abondants, de même que la chlorite et la kaolinite. Nous ne constatons pas d'évolution de ces minéraux argileux de la base vers le sommet des profils.

— *Les teneurs en fer total* varient de 5 à 10 %, dont la moitié environ (Fe^{3+} essentiellement) entre dans la constitution des réseaux des minéraux argileux (IR 2.3 : 60 % — IR 5.3 : 45 %).

Les taux de fer libre varient de 1 à 3 % et ce fer est en partie sous forme d'oxydes, et en partie sous forme

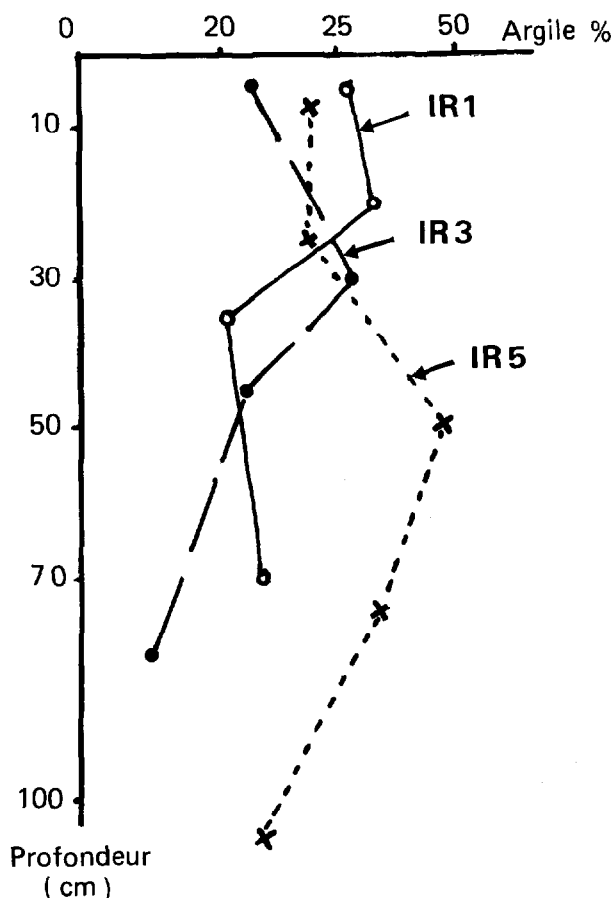


FIG. 2. — Variation des taux d'argile dans les sols du Guilan.

d'hydroxydes. Les rapports Fe/FeT % varient de 23 à 46.

Nous noterons qu'un seul profil, IR 5, contient plus de 3 % de fer libre (méthode Deb). Ainsi, entre 40 et 60 cm, en IR 5.3, il y a 5,1 % de fer libre dont 2,3 % en hématite donnant au sol sa couleur rouge (5 Y R 4/4). Les rapports Fe/FeT % augmentent régulièrement de la base au sommet du profil : 35,5 - 39,6 — 55,1 — 56,4 — 61,3.

— *Les minéraux lourds* des échantillons des sols du Guilan sont très abondants, 3 à 15 % de la fraction 50 à 500 microns, avec des proportions notables de magnétite. Ces minéraux lourds sont en grande partie issus de roches volcaniques telles que les pyroxènes monocliniques (augites titanifères surtout).

2. Les sols des régions plus sèches du Mazandaran et du Gorgan

2.1. DU POINT DE VUE MORPHOLOGIQUE, nous observons toujours des sols bruns foncés en surface, bruns rougâtres (5 à 7,5 Y R 4/2) en profondeur quand le drai-

nage est bon. L'observation d'une carrière sur le versant d'une colline dans le Mazanderan met en évidence la succession suivante de niveaux (fig. 3) :

- un niveau de surface S très perturbé par les labours,
- un niveau a (50 à 100 cm), brun foncé, argileux, non calcaire, à structure prismatique et tendance vertique très marquée;
- un niveau b (1,50 m et à limite tranchée avec a et c), brun, très calcaire à pseudomycéliums, avec petits graviers calcaires en surface et en voie d'altération;
- un niveau c constitué d'une arène sablo-caillouteuse (grains arrondis, non calcaires) avec quelques gros blocs.

Cette coupe nous permet de mieux comprendre l'origine des sols bruns observés dans ces zones de piedmont où des horizons calcaires alternent sans transition avec des horizons non calcaires.

Aux différenciations très nettes, s'ajoutent une structure bien développée polyédrique à prismatico-cubique, la présence de revêtements sur les agrégats, des individualisations de carbonates en pseudomycéliums ou amas. Notons cependant que les contaminations calcaires d'un horizon calcaire à un horizon non calcaire sous-jacent sont très faibles (0,6 % de 50 à 70 cm dans le profil IR 6).

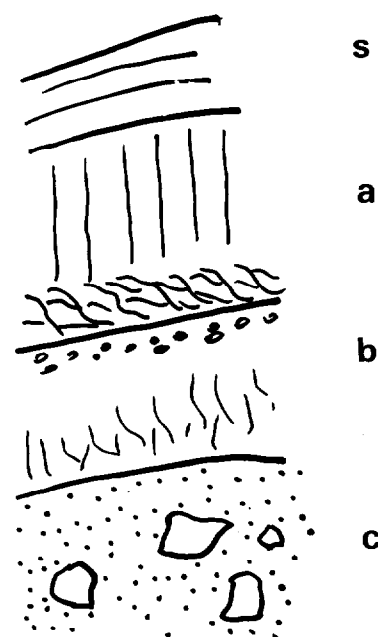


FIG. 3. — Coupe dans une carrière en piedmont dans le Mazanderan.

TABLEAU II
Répartition du CaCO_3 dans un sol brun du Mazanderan

Horizons	IR 6.1	IR 6.2	IR 6.3	IR 6.4	IR 6.5
Profondeur	0-25	25-50	50-70	70-105	105 et plus
CaCO_3 %	12,8	23,5	0,6	0	39,0

2.2. DU POINT DE VUE MICROMORPHOLOGIQUE, les sols bruns calcaires présentent également une liaison intime entre matière organique, matière minérale et calcaire. Les microagrégats sont fins et nettement développés surtout en surface, l'aspect loessique se caractérise par l'abondance de limons, les sels (carbonate de calcium et gypse) s'accumulent dans les vides qu'ils tapissent ou remplissent totalement. Dans ces milieux calcaires, quelques cutanes d'illuviation sont visibles et l'hydromorphie se caractérise par des concentrations de fer entre les vides et par des zones déferriées autour de ces vides.

2.3. DONNÉES ANALYTIQUES (Tabl. V)

Il s'agit surtout de sols limono-argileux : 20 à 40 % d'argile, 20 à 40 % de limon fin, un peu moins de limon grossier, très peu de sable. Certains horizons

sont totalement décarbonatés, au voisinage des collines, mais généralement les teneurs en calcaire varient de 10 à 30 % et se situent surtout dans les fractions limon. Les capacités d'échange atteignent 20 à 30 mé/100 g, les pH varient de 8 à 9 et le complexe d'échange est saturé.

Les minéraux argileux sont du même type que ceux des sols du Guilan et ne présentent pas d'évolution dans le profil. Compte tenu des taux de carbonates, les teneurs en fer total sont encore élevées dans les sols du Mazanderan, mais elles sont plus faibles dans les sols loessiques du Gorgan. Les teneurs en fer libre sont inférieures à 2 %, tandis que les rapports Fe/FeT % varient de 30 à 45. En 6.3 (55-65 cm), dans un sol brun du Mazanderan, sur 5 % de fer total, les 2/3 sont situés dans les minéraux argileux surtout et le 1/3 restant est constitué d'hématite et goethite (traces de magnétite). Parmi les minéraux lourds observés, il

faut noter beaucoup d'augite et d'épidote dans les sols du Mazanderan, beaucoup de hornblende et un peu d'augite dans ceux du Gorgan. Le cortège zircon, rutile, tourmaline, staurotide, présent dans les loess apparaît également dans les sols limoneux du Mazanderan et du Gorgan.

3. Les sols des zones plus basses situées entre les piedmonts et la mer

En s'éloignant des piedmonts vers la mer, on observe :

3.1. DANS LE GUILAN, des sols hydromorphes de rizières, en eau une partie de l'année. Le profil IR 1, en bordure de la zone de rizières, présente dès 30 cm des taches d'hydromorphie.

3.2. DANS LE MAZANDERAN, à mi-chemin entre les collines et la mer, un sol brun a été observé (description en annexe : profil IR 8 (photogr. 3), présence d'un horizon mollique en surface, 30 à 35 % de CaCO_3 avec amas et nodules, structure polyédrico-cubique et très nette hydromorphie au-dessous de 80 cm. L'eau de nappe est à 120 cm, rabattue par des drains ouverts de 2 m de profondeur.

3.3. DANS LE GORGAN, les sols hydromorphes sont fréquents à la base des plaines de piedmont (IR 15) et dans les zones alluviales. Mais dans les plaines semi-arides et arides, au-delà de la rivière Gorgan, les efflorescences salines apparaissent entre les touffes de salicorne et nous avons de grandes étendues de solonchaks-solonetz sur matériaux loessiques. Ces sols salins à alcalis (plus de 10 % du C.E. en sodium) contiennent du gypse et ont une conductivité de l'extrait saturé élevée : 100 à 135 millisiemens/ $\text{cm}^2/25^\circ\text{C}$.

III. DISCUSSION

1. Mise en place des matériaux

Les observations d'horizons organiques enterrés, avec débris de poterie, d'horizons superposés de texture et constituants différents et les analyses de minéraux lourds sont des arguments en faveur de l'hypothèse d'une origine allochtone d'une grande partie des matériaux de ces sols.

Dans le Guilan (IR 1 à IR 5), les matériaux des sols des plaines de piedmont sont essentiellement des colluvions issues de roches volcaniques voisines auxquelles ont pu s'ajouter des cendres éoliennes plus ou moins volcaniques elles-mêmes. Dans le Mazanderan et le Gorgan, les matériaux originels des sols sont des

colluvions ou alluvions issues de roches sédimentaires ou métamorphiques formant les collines voisines. De l'Ouest à l'Est de ces plaines, les matériaux ont été de plus en plus influencés par des apports éoliens loessiques d'origine mixte. Des plateaux de loess subsistent dans la partie Est de la plaine du Gorgan et des placages de loess, ont résisté à l'érosion dans les collines de piedmont.

Enfin, à mesure qu'on se rapproche de la mer et des cours d'eau, les alluvions dominent sur les colluvions.

2. Critères de différenciation et d'évolution des sols. Age des sols bruns

Nous venons de voir que certaines différenciations de sols de piedmont sont imputables à des différences dans la nature des constituants et qu'il s'agit de matériaux d'apport venant se superposer en niveaux successifs. Ces sols semblent avoir été mis en place assez récemment, comme en témoignent les débris de poterie observés en profondeur du profil IR 1 et la faible évolution des profils calcaires (IR 6 à 10) malgré des précipitations relativement élevées de 7 à 800 mm. En outre, dans les régions les plus humides du Guilan, les minéraux argileux ne présentent pas ou peu d'évolution de la base au sommet des profils. Pourtant, la présence d'interstratifiés IM, IC, IV semble indiquer que ce matériel argileux subit des transformations (G. MILLOT, 1964).

Force est donc de reconnaître que les caractères qui marquent la morphologie d'un profil ne se développent pas tous avec la même vitesse :

LA MATIÈRE ORGANIQUE se forme, se transforme et disparaît très vite dans un sol ;

LA STRUCTURE, dans le cas qui nous intéresse, semble se reconstituer très rapidement, c'est ce que nous avons vu dans la coupe d'une carrière du Mazanderan. Le niveau supérieur de cette coupe s'est mis en place le dernier et il s'agit d'une forte pente, c'est donc un apport relativement récent ; or, la structure du matériau de ce niveau est très développée : polyédrique à polyédrico-prismatique à tendance vertique en profondeur. Pourtant, au Liban, sous 600 mm de précipitation, les sols rouges sur glacié ou cône de déjection, dont la mise en place remonte à la mi-Quaternaire, ont une structure peu développée par rapport aux sols des karsts voisins. Ces différences peuvent s'expliquer par la nature des matériaux argileux : présence de minéraux 2/1 et absence de kaolinite dans le cas de l'Iran ; 30 à 50 % de kaolinite et très peu de montmorillonite dans le cas du Liban.

On peut également penser au climat du sol : pas de saison sèche très marquée dans le cas de l'Iran ;

saison sèche très sévère pendant 7 mois de l'année dans le cas du Liban.

DU POINT DE VUE TEXTURAL, dans les sols du Guilan, le profil de répartition des éléments fins (moins de $2\ \mu$) présente un « ventre d'accumulation » d'autant plus accusé et situé plus profondément que le sol est mieux drainé (fig. 2). Des revêtements argileux (argiliferranes) observés en macro et micromorphologie, signalent à l'observateur ces mouvements de particules fines. Dans les sols du Mazanderan, le profil textural n'a pas une différenciation aussi nette, mais des revêtements sont visibles et il se pourrait qu'un certain lessivage se soit produit, ou tout au moins des mouvements d'argile à plus ou moins grande distance. Dans les sols du Gorgan, nous n'observons aucune trace de revêtements argileux, ni aucun « ventre textural ».

Le lessivage des particules fines est donc d'autant plus important et rapide que les pluies sont plus abondantes, que le milieu draine bien et probablement aussi que la matière organique est plus abondante.

LE PROFIL CARBONATÉ semble par contre plus difficile à interpréter. L'horizon de surface est généralement peu carbonaté (8 à 12 % de calcaire) et même un profil sur loess (IR 11) observé en piedmont est totalement décarbonaté sur 60 cm. Plus en profondeur (25 à 90 cm), certains horizons sont dépourvus de calcaire, alors qu'ils sont situés entre 2 horizons très calcaires.

— Si l'on peut penser que les horizons de surface ont été partiellement décarbonatés, comment expliquer que des horizons non calcaires et situés sous des horizons très calcaires n'aient pas été contaminés par ceux-ci? Si ce n'est en supposant que les eaux chargées de bicarbonates circulent dans ces profils sans déposer de calcaire dans les niveaux intermédiaires. On peut aussi penser que, dans ces régions voisines des zones désertiques, des dépôts loessiques riches en carbonates viennent contaminer les horizons de surface.

Par contre, dans les sols hydromorphes et les sols salés des régions arides, la répartition des carbonates est relativement homogène.

LES MINÉRAUX ARGILEUX, comme nous l'avons déjà dit, ne présentent pas d'évolution dans le profil, tout au plus pouvons-nous supposer que la présence d'interstratifiés indique des transformations en cours.

LE FER est souvent utilisé pour caractériser les sols du fait de son incidence sur leur couleur et sur leurs propriétés physiques et même chimiques. En ce qui concerne les sols bruns, et nous en avons eu confirmation en observant les lames minces des sols bruns d'Iran, la matière organique est intimement liée au fer et à l'argile, elle influe donc sur la couleur. Cepen-

dant, à plus de 50 cm de profondeur, le fer libre est le principal responsable de la couleur de ces sols :

— si le milieu est mal drainé, le fer est plus ou moins réduit, partiellement entraîné hors du profil ou s'il est peu entraîné, il est réparti de façon hétérogène (Ex. : IR 1, IR 8, IR 15). Les couleurs sont grises ou verdâtres, forment souvent des taches qui caractérisent ce milieu hydromorphe;

— si le drainage s'améliore, mais reste ralenti, la réduction ne se produit pas et le fer libre est en grande partie sous forme de goëthite colorant le sol en brun-jaune;

— si le drainage est bon, l'hématite apparaît et la couleur rouge tend à se généraliser. C'est le cas du profil IR 5 où nous avons 2,3 % d'hématite sur 5,1 % de fer libre.

Il nous apparaît important de proposer une limite entre sol rouge et sol brun en revenant à la notion de couleur plutôt qu'en adoptant une teneur en hématite (difficile à obtenir et pas toujours significative) ou un taux de « fer facilement extractible » par HCl 8N (LAMOUROUX, 1972). En utilisant le code MUNSELL et sur la base d'un grand nombre de mesures, la limite entre rouge et brun est faite au niveau de la teinte 5 YR, rouge quand chroma et valeur sont inférieurs à 6 (en sec), brun quand chroma ou valeur est égal ou supérieur à 6.

Enfin, la séparation entre sols bruns et sols fersialitiques, implicitement basée sur un taux de fer libre de 3 %, nous paraît très judicieusement fixée. Par contre, le rapport Fel/Fet paraît plus difficile à utiliser, du moins dans l'état de nos connaissances actuelles.

3. Classification des sols bruns de piedmont

Si les sols hydromorphes et les sols salés ne présentent pas de gros problèmes de classification, les sols bruns de piedmont méritent une certaine attention (tabl. III). Nous distinguerons deux groupes de sols bruns :

- les sols bruns non calcaires du Guilan;
- les sols plus ou moins calcaires du Mazanderan et du Gorgan.

3.1. LES SOLS BRUNS DU GUILAN

Du point de vue de la classification C.P.C.S., la matière organique de ces sols est à rapprocher du type mull, à C/N inférieur à 12, le fer libre est relativement faible (2 à 3 %), l'horizon B est textural ou parfois structural. Ces caractéristiques nous conduisent aux sols brunifiés et plus précisément aux *sols brunifiés des climats tempérés humides*, puisque le climat du Guilan est humide, ni trop chaud, ni trop froid. Ils sont modaux, faiblement lessivés ou lessivés, suivant l'indice de lessivage. Le profil IR 5, situé plus à l'Est

sous un micro-climat plus chaud et plus sec, est de couleur rouge (5 YR 4/4 Hde) et contient 4 à 5 % de fer libre; il s'agit d'un sol rouge fersiallitique lessivé pour la classification C P C S. Les corrélations tentées avec les autres classifications ne sont que des propositions approximatives : Luvisols orthiques ou chromiques (F A O), Hapludalf ou Rhodoxeralf typic (U S D A) quand les sols sont lessivés; Cambisol gleyique (F A O) et typic eutrochrept (U S D A) pour le sol brun non lessivé et hydromorphe IR 1.

3.2. LES SOLS BRUNS DU MAZANDERAN ET DU GORGAN

Procédant par analogie avec des sols semblables d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient, je pense que les sols bruns du Mazandaran et du Gorgan sont des sols isohumiques et plus précisément des *sols marrons*, mais l'entrée des sous-classes commandées par le pédoclimat relativement humide, frais, etc., n'est pas très explicite. Donc sols marrons, à pédoclimat frais pendant les saisons pluvieuses, décarbonatés ou partiellement décarbonatés en surface, à accumulation calcaire ou à pseudogley en profondeur suivant les profils. En IR 6 où 2 horizons calcaires de surface se superposent à des horizons non calcaires, je suppose qu'il faut introduire la notion de sols superposés : sol brun calcaire jusqu'à 70 cm (sol I) sur sol marron à B textural (sol II enterré). Pour la F A O, nous aurions un luvisol calcique dans le cas de IR 6 et un kastanozem calcique dans le cas de IR 8 et

IR 10. Pour l'U S D A, IR 6 serait un calcic haploxeralf, IR 8 et IR 10 des typic calcixeroll.

IV. CONCLUSION

La proximité de la mer Caspienne et l'importante barrière montagneuse de l'Elbourz créent au nord de l'Iran un climat particulier dont les précipitations varient considérablement d'ouest en est. Sous ce climat et sur des matériaux d'apport relativement récents et qui continuent à être apportés actuellement, se forment des sols bruns dont les caractères de différenciation n'évoluent pas avec la même vitesse.

Les caractères marquant l'hydromorphie ou la salinif, ainsi que la matière organique évoluent très vite. Les profils structural et textural semblent se différencier relativement vite, tandis que les carbonates de calcium, qui ne sont pas toujours facilement dissous et déplacés, présentent des profils perturbés, en particulier par des contaminations éoliennes ou autres.

Les altérations *in situ* des minéraux primaires et des minéraux argileux sont nettes à l'observation microscopique pour les premiers et du fait de la formation d'interstratifiés pour les seconds, mais les transformations restent encore faibles, notamment en ce qui concerne les minéraux argileux. Un profil fer libre se dessine dans certains sols avec des rapports Fe^{II}/Fe^{III} décroissant des horizons de surface aux horizons profonds.

TABLEAU III

Essai de classification des sols bruns de piedmont et corrélation entre classifications

	C.P.C.S.	IRAN	F.A.O.	U.S.D.A.
Sols bruns de piedmont du Guilan	I R 1 S. brun modal à pseudogley I R 2 S. brun faiblement lessivé I R 3 S. brun lessivé I R 5 S. rouge fersiallitique lessivé	Brown forest soil Brown medit. soil Brown medit. soil Red. medit. soil	Cambisol gleyique Luvisol orthique Luvisol orthique Luvisol chromique	Typic eutrochrept Typic hapludalf Typic hapludalf Typic rhodoxeralf
Sols bruns de piedmont du Mazandaran et du Gorgan	I R 6 S. brun calcaire/s. marron à B textural I R 8 S. marron à pseudogley I R 10 S. marron à accumulation calcaire et à pseudogley	Brown medit. soil Chestnut soil Calcic forest soil	Luvisol calcique Kastanozem calc. Kastanozem calc.	Calcic haploxeralf Typic calcixeroll Typic calcixeroll
Sols des plaines alluvio-colluviales colluviales	I R 14 S. sodique à structure dégradée, salin à alcalin (Solontchak-Solonetz) I R 15 S. hydromorphe, peu humifère, à gley peu profond	Solontchak-Solonetz Low humic gleysol	Solontchak-sodique Gleysol eutrique	Salorthid Typic Haplaquent

TABLEAU IV

Données analytiques sur quelques sols bruns du Guilan (terre tamisée à 2 mm et séchée à l'air)

Horizons	IR. 1.1	IR 1.2	IR 1.3	IR 1.4	IR 3.1	IR 3.2	IR 3.3	IR 3.4	IR 5.1	IR 5.2	IR 5.3	IR 5.4	IR 5.5	
Profondeur cm	0-10	15-25	30-45	60-80	0-10	25-35	40-50	70-90	0-15	20-30	40-60	70-80	100-110	
Couleur (H. de)	10 YR	10 YR	10 YR	10 YR	5 à 7,5 YR	5 à 7,5 YR	7,5 YR	5 YR	5 YR	5 YR	5 YR	5 YR		
	3/2	4/4	4/4	3/2	4/3	4/3	4/3	6/3	3/3	4/4	4/4	4/4	4/4	
Argile	% 35,5	39,0	19,5	24,0	24,0	35,5	20,5	9,0	31,6	33,4	47,5	39,0	22,5	
Limon	% 35,0	36,0	40,0	39,5	35,5	33,5	34,5	11,5	33,3	33,4	24,0	18,0	14,0	
Limon G	% 11,5	11,8	23,5	14,1	10,0	6,4	6,2	7,5	14,0	11,8	7,9	5,0	4,7	
Sable F	% 4,6	4,8	10,0	8,8	7,9	7,2	10,0	17,5	7,6	7,7	7,2	9,9	16,7	
Sable G	% 2,3	0,7	1,0	5,9	11,6	10,9	22,6	49,8	9,3	11,3	8,3	23,8	38,6	
M.O.	% 5,4	2,3	1,5	2,6	7,0	1,3	0,8	0,4	4,8	1,9	0,9	0,5	0,3	
N	0/00 2,67	1,40	0,77	1,21	3,57	1,05	0,76	0,36	2,40	1,01	0,61	0,43	0,27	
Complexe A														
Mé/100 g	Ca	33,8	33,5	34,3	37,0	22,5	23,5	24,3	21,5	17,4	18,6	18,2	20,6	15,5
	Mg	11,9	7,8	9,4	9,3	8,5	6,8	6,3	4,0	5,75	3,9	6,8	7,8	7,9
	K	0,45	0,40	0,27	0,45	0,58	0,48	0,53	0,32	0,30	0,17	0,35	0,38	0,28
	Na	0,43	0,23	0,40	0,40	0,17	0,43	0,47	0,50	0,20	0,13	0,17	0,20	0,20
C.E.	% 46	42,5	44,5	46,8	31,0	31,0	31,5	26,0	25,5	25,0	27,5	31,0	26,0	
S/T	%	saturé			saturé				93	91	93	93	92	
pH H ₂ O	6,7	6,9	7,1	7,4	6,7	6,6	6,5	6,7	6,3	6,4	5,9	6,2	6,3	
P ₂ O ₅ T	0/00 1,44	0,88	0,87	2,81	1,48	0,6	0,5	2,47	2,33	1,78	1,23	0,71	1,25	
P ₂ O ₅ A	0/00 0,056	0,02	0,025	0,12	0,03	0,008	0,008	0,07	0,06	0,04	0,04	0,02	0,04	
Fe ₂ O ₃ T	% 6,60	7,45	7,45	7,85	5,90	7,60	7,80	7,30	7,25	7,85	9,25	9,65	8,30	
Fe ₂ O ₃ I	% 1,63	1,70	2,25	1,85	2,38	2,58	2,42	1,72	4,45	4,43	5,10	3,83	2,95	
Fe I/Fe T	% 24	23	28	23	40	34	31	23	61	56	55	40	35	

TABLEAU V

Données analytiques sur quelques sols bruns du Mazanderan et du Gorgan (terre tamisée à 2 mm et séchée à l'air)

Horizons		IR 6.1	IR 6.2	IR 6.3	IR 6.4	IR 6.5	IR 8.1	IR 8.2	IR 8.3	IR 8.4	IR 10.1	IR 10.2	IR 10.3	IR 10.4	
Profondeur cm		0-15	30-40	55-65	80-90	110-120	0-15	30-45	65-80	90-110	0-15	25-40	60-70	80-90	
Couleur		10 YR	10 YR	5à7,5YR	7,5à10YR	10 YR	10 YR	10 YR	Taches	10 YR	7,5 YR	7,5à10YR	7,5à10YR		
(H. de)		3/2,5	5/3	4/2	3/2	4/3	2/1	5/4	4/3		3/2	3/2	4/4	4/4	
Argile	%	32,5	34,0	36,5	44,5	19,5	36,6	19,5	27,0	36,0	37,0	36,0	21,0	21,0	
Limon F	%	43,5	41,0	26,5	20,5	23,0	38,4	50,0	52,0	55,0	30,0	29,0	37,0	32,5	
Limon G	%	11,4	13,1	11,3	8,4	8,8	13,8	25,2	16,2	4,9	23,5	26,2	27,8	31,8	
Sable F	%	5,2	7,6	19,6	19,7	32,6	8,7	1,9	0,7	0,7	3,8	3,7	5,7	4,4	
Sable G	%	0,9	0,9	2,1	1,9	13,0	0,5	0,5	0,8	0,4	0,1	0,4	6,0	7,7	
M.O.	%	3,2	1,0	0,7	0,9	0,4	4,0	0,9	0,6	0,5	1,6	0,9	0,5	0,4	
N	0/00	1,91	0,70	0,54	0,65	0,29	2,32	0,56	0,35	0,41	1,09	0,62	0,37	0,27	
CaCO ₃	%	12,8	23,5	0,6	—	39,0	12,0	38,3	33,8	34,0	8,7	—	31,7	32,8	
Complexe Ab															
Mé/100 g	[	Ca	18,4	19,9	22,6	22,1	14,5	31,1	14,6	16,5	15,0	21,3	28,4	15,4	11,0
		Mg	7,5	7,5	2,5	6,5									
		K	1,09	0,47	0,57	0,63	0,28	0,67	0,23	0,28	0,35	0,75	0,57	0,33	0,28
		Na	1,00	1,10	0,33	0,30	1,20	1,20	1,67	2,67	6,21	0,97	1,50	1,77	1,77
C.E.	%	28,0	29,0	26,0	29,5	16,0	33,0	16,5	19,5	21,5	23,0	30,5	17,5	13,0	
S/T	%			saturé					saturé				saturé		
pH H ₂ O		7,7	8,3	8,5	8,4	8,5	8,1	8,5	8,7	9,3	8,6	8,6	8,7	8,7	
P ₂ O ₅ T	0/00	1,42	0,91	0,25	0,26	0,75	1,83	1,14	1,01	0,87	0,51	0,60	0,99	1,08	
P ₂ O ₅ A	0/00	0,04	0,01	0,004	0,003	0,02	0,10	0,01	0,007	0,01	0,02	0,02	0,01	0,016	
F ₂ O ₃ T	%	5,05	4,50	4,95	6,00	3,50	5,10	3,85	4,70	4,75	5,00	6,00	4,15	4,00	
F ₂ O ₃ I	%	1,20	1,40	1,50	1,93	1,20	0,78	1,25	1,33	1,35	1,10	1,45	0,90	0,90	
Fe I/FeT	%	24	31	30	32	34	15	32	28	28	22	24	22	22	

BIBLIOGRAPHIE

- C.P.C.S., 1967. — Classification des Sols. Labo. de Géologie-Pédologie, Grignon, *Ronéo*, 87 p.
- F.A.O.-U.N.E.S.C.O., 1975. — Carte mondiale des Sols à 1/5.000.000. Notice vol. I. Légende. 62 p.
- Institut des Sols d'Iran, 1969. — Ressources en sols et potentialités de la région du Gorgan. Public. n° 197.
- LAMOUREUX (M.), 1972. — Etude des sols formés sur roches carbonatées. *Mém. ORSTOM*, n° 56, 266 p.
- MILLOT (G.), 1964. — Géologie des argiles. Masson et Cie, éd., Paris, 499 p.
- QUANTIN (P.) et LAMOUREUX (M.), 1974. — Adaptation de la méthode cinétique de SEGALIN à la détermination des constituants minéraux de sols variés. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XII, n° 1 : 13-46.
- U.S. Soil Conservation Service, 1975. — Soil Taxonomy : a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Soil Survey Staff. Agriculture Handbook n° 436, 754 p.

ANNEXES

DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL I R 5

- Localisation : 6 km à l'ouest de Ramsar (Est Guilan), à 200 m du pied des collines.
- Climat : 1.400 mm - 1 à 2 mois secs.
- Relief : 4 ‰ environ.
- Végétation : plantations variées de fruitiers et cultures de légumes.
- Matériau originel : colluvions formées de roches volcaniques et sédimentaires.

Classification C.P.C.S. : Sol rouge fersiallitique lessivé.

— 0 à 20 cm - Hor (Ap) brun foncé (5 Y R 3/3 H^{de}); argilo-limoneux, non calcaire, structure grumeleuse fine à moyenne; très friable, poreux, beaucoup de racines. Passage progressif.

— 20 à 90 cm - Hor (B₁) rouge (5 Y R 4/4 H^{de}); argileux, non calcaire; structure fine, polyédrique aplatie; faces brillantes de tous les agrégats; surstructures secondaire et tertiaire peu cohérentes; petites irisations noires sur les faces d'agrégats; quelques revêtements mats et bruns; porosité et enracinement bons. (de 20 à 30 cm : B₁₁ plus riche en matière organique et racines en revêtements que le B₁₂. De 30 à 65 cm : B₁₂ caractéristique de l'horizon. De 65 à 90 cm : B₁₃ de couleur brun jaunâtre, irisations noires et revêtements plus abondants).

— 90 à 120 cm - Hor (B C) rouge (5 Y R 4/4 H^{de}), nettement plus sableux avec minéraux primaires, début de structuration avec faces brillantes et revêtements; cailloux calcaires et basaltiques.

DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL I R 8

- Localisation : entre Sari et Neka (Mazanderan), à quelques kilomètres de la mer.
- Climat : 6 à 700 mm - 3 mois secs.
- Relief : 0 à 1 ‰ - plat.
- Végétation : grande culture céréalière, drainage important à ciel ouvert.
- Matériau originel : colluvions - alluvions plus ou moins mélangées à du loess.

— Classification C.P.C.S. : S. isohumique, marron, à pseudogley de profondeur.

— 0 à 20 cm - Hor. (Ap) brun noir (10 Y R 2/1 H^{de}); limono-argileux, calcaire et organique; structure grumelo polyédrique moyenne à grossière très développée; porosité moyenne; très bon enracinement du blé. Passage net sur 5 cm, mais glosse par point descendant jusqu'à 40 cm.

— 20 à 65 cm - Hor. brun jaune (10 Y R 5/4 H^{de}); limono-calcaire, peu organique, structure polyédrique subangulaire pas très développée; poreux (revêtements calcaires dans les pores : calcitanes); bon enracinement. Passage progressif sur 5 cm.

— 65 à 80 cm - Hor. brun foncé (10 Y R 4/3 H^{de}); à marbrures blanches de CaCO₃ s'accumulant le long des racines ou en amas poudreux; limono-argileux calcaire; structure prismaticubique fine à moyenne; poreux. Passage progressif sur 5 cm.

— 80 à 120 cm - Hor. brun, à larges marbrures (2,5 Y R 5/2), même horizon que précédemment, mais les carbonates ne sont pas individualisés; poreux, peu de racines.