

**ESQUISSE SÉDIMENTOLOGIQUE ET PÉDOLOGIQUE
DE L'AFGHANISTAN MÉRIDIONAL
(SEISTAN - REGESTAN - MARGO)**

République d'Afghanistan

**ANNEXE AUX TRAVAUX ET DOCUMENTS N° 55
«NOTICE EXPLICATIVE DE CARTE»**

J. P I A S

**ESQUISSE SEDIMENTOLOGIQUE ET PÉDOLOGIQUE
DE L'AFGHANISTAN MÉRIDIONAL
(SEISTAN - REGESTAN - MARGO)
République d'Afghanistan**

**ANNEXE AUX TRAVAUX ET DOCUMENTS N° 55
«NOTICE EXPLICATIVE DE CARTE»**

J. P I A S
Directeur de Recherches de l'O.R.S.T.O.M.
Membre de la Mission Scientifique Française en Afghanistan
du C.N.R.S.

I N T R O D U C T I O N

Cette notice cartographique qui accompagne "L'esquisse sédimentologique et pédologique de l'Afghanistan méridional (Séistan - Régistan - Margo)" (1) a été faite afin de faciliter la compréhension des différentes unités cartographiques figurant dans la légende. Cette carte a été établie en effet en grande partie sur la base d'éléments nouveaux observés lors des missions 1974-1975 et 1976 alors que l'ouvrage de base, cité ci-dessus, était en cours d'impression fin 1976 et portait principalement sur des observations sédimentologiques et pédologiques que nous avons recueillies au cours des différentes campagnes allant de 1968 à 1971. Les recherches dans ces régions méridionales ont donc été faites surtout à partir de 1974.

Elles ont été favorisées par tout un concours de circonstances dans cette vaste région désertique, très peu accessible, où les voies de communication et les points d'eau sont rares avec des moyens précaires, un seul véhicule mis à notre disposition, exceptionnellement deux en 1976 et sur un trajet limité, ceci faute de crédits suffisants mais qui nous ont permis cependant d'atteindre le massif de Cakhao (Kohé Syah sur la carte topographique à 1/1.300 000 de l'Afghanistan), à l'O du lac Hamuné Sabéri, près de la frontière iranienne, où nous avait précédé en 1905 HUNTINGTON. Nous avons ainsi pu faire également une transversale E-O entre Laskargah et Wuwuri et une autre entre ce village et Sultane Bakwa.

En 1975 nous avons pousser une reconnaissance, en compagnie de J.P. CARBONNEL, entre le Kohé Khannesin et Rodbar vers l'O et opérer une modeste incursion dans la dépression du Gawdézéreh.

Au cours de ces différentes missions mais particulièrement celles de 1975 et 1976 nous avons bénéficié de tracés effectués, soit dans des buts d'électrification (Ligne électrique reliant le barrage de Kajakay à Géresk, à Laskargah, à Kandahar), soit en vue de la création d'une voie ferrée reliant l'Afghanistan aux pays limitrophes Iran-Pakistan et passant par Laskargah - Deshu - Rodbar et

(1) Cette carte fait partie de la publication ORSTOM-CNRS (Travaux et Documents de l'ORSTOM n°55), intitulée "Formations Superficiels et Sols d'Afghanistan". Dans cette notice cartographique les références à cet ouvrage seront portées sous le sigle F S et S A.

Caharburjak. Sur ces tracés étaient implantées des fosses profondes de 2 à 4 m destinées, soit à l'implantation des pylones, soit à déterminer la résistance des matériaux pour le support de la voie ferrée. Ces fosses nous ont été très utiles pour la compréhension des différentes sédimentations superficielles et l'étude des sols.

Il est également évident que sans le concours de l'imagerie satellite cette carte n'aurait pu être édifiée puisque c'est surtout grâce à elle que les limites entre les différentes unités cartographiques ont pu être établies.

Nous nous sommes également servis de la Carte Géologique édifiée en 1973 par la République Fédérale d'Allemagne.

Nous remercions ici les différents Ministère et Services du Gouvernement de la République d'Afghanistan (Mines - Géologie - Agriculture - Institut cartographique - Météorologie), et également nos accompagnateurs et amis afghans sans lesquels de telles missions n'auraient pu être effectuées.

Nous remercions également M. LALANDE, pour ses renseignements et ses conseils, les membres de la Mission Permanente du CNRS en Afghanistan : MM. MENNESSIER, BORDET, CARBONNEL ... sans oublier M. POULAIN qui nous ont aidés dans la réalisation de ce travail, ainsi que les membres des Services de l'Ambassade de France qui nous ont facilités les contacts avec les autorités afghanes.

CAISSON I. ROCHES INDIFFERENCIÉS ET SOLS MINÉRAUX BRUTS

Nous renvoyons pour la description des roches qui forment les massifs de la bordure de la vaste cuvette Régistan-Séïstan-Margo à la carte à 1/500.000 publiée par le Service Géologique de la République Fédérale d'Allemagne en 1973.

Tandis que la cuvette présente ses points les plus bas au niveau des lacs jouxtant les frontières iranienne et pakistanaise (470 à 500 m), les massifs de bordure culminent d'E en O à :

- 2175 m Bagh Ghar au NE de Kandahar ;
- 1868 m au NO de Maywand ;
- 2574 et 3140 m au N de Kajakay ;
- 2199 m Narum Koh ;
- 2735 m au N de Delaram ;
- 2096 m au N de Karah (Mil Koh) ;
- 1877 m Kobe Anardara près d'Anardara.

Quelques affleurements de moindre importance se retrouvent dispersés dans la cuvette elle-même parmi lesquels nous retiendrons les massifs avancés situés entre Sultane Bakwa et Farah (1507-1554 m), le Kohe Khannesin (1419 m) sur les rives de l'Helmand Rod, celui de Wuwuri (840 m) en bordure du Khash Rod ...

Toutes ces roches ne présentent qu'une hétérogénéité toute relative et sont le plus souvent à dominance de calcaire, calcaire gréseux, marnes intercalées de schistes et de conglomérats mêlés à des roches d'origine volcaniques.

Plusieurs secteurs géologiques bien nets se différencient cependant d'E en O.

- Dans la partie comprise entre le Tarnak Rod à l'E et l'affluent de la rive droite de l'Helmand Rod, au N de Geresk, le Rod Musa Qala, on distingue :
 - la partie E constituée principalement par un ensemble de roches acides granitoïdes (G) associées à des roches volcaniques plus ou moins bien déterminées à intercalations de bancs siliceux (c2-l'V. Cénomaniens /? Santonien-Barrémien), et à des calcaires, grès calcaires, schistes et quartzites (cI-jI'sl,l). Crétacé supérieur-Jurassique ;

- la partie O formée plus essentiellement de dolomie et de calcaire largement dominants (t-pI'l. Rhaétien (localement Crétacé supérieur - Permien inférieur), de calcaires et de marnes (cI-jIl. Hauterivien-Lias), de roches plutoniques inconnues (S).
- Dans la partie située entre l'Helmand Rod et le Farah Rod on trouve :
 - des bandes de micaschistes à intercalations d'amphibolites de marbres et de quartzites localement avec de la staurotide et du disthène (pr'mo. Précambrien) ;
 - de très grandes surfaces de conglomérats, de grès calcaires, de "greywaches" (c2g. Turonien/?Santonien-Cénomanién) qui se retrouvent au S jusqu'à Délaram ;
 - des surfaces plus modestes de grès calcaires, de sables marneux, de schistes et de conglomérats (c2-I's - co. Cénomanién/?Santonien-Barrémien) qui se prolongent jusqu'au SE de Farah ;
 - des ensembles de conglomérats et localement de brèches, de grès et de roches volcaniques (pg'co - V. Paléogène).
- Dans la partie située à l'O du Farah Rod et jusqu'à la frontière iranienne se distinguent des massifs isolés constitués du dernier matériau précédent (pg'co - V. Paléogène) et de :
 - calcaires à Rudistes intercalés de marnes calcaires à Orbitolines, et de conglomérats rouges (c2-I'l. Cénomanién/?Santonien-Barrémien) ;
 - schistes, schistes argileux intercalés de grès (mI's, si. Eocène-Paléocène) ;
 - calcaires, marnes, grès, roches volcaniques (cl, ms.V. Crétacé) ;
 - roches volcaniques (laves-tufs. qp-ng'L ; Paléogène-Néogène).

Ces trois derniers groupements se situent sur la bordure O du lac Hamuné Sabéri.

Sur toute la bordure de cette cuvette ainsi que sur les quelques massifs affleurant à l'intérieur de celle-ci, dominant les roches nues diverses. Ce n'est qu'à la faveur de pentes plus légères, de replats, de légers talwegs que viennent se développer des Sols Minéraux Bruts à profils (A) C. Ils sont alors très fréquemment recouverts de cailloutis divers, souvent roulés, provenant des roches

de leur bassin amont et fréquemment d'anciens dépôts fluvio-glaciaires (vestiges morainiques), accumulés sur les pentes.

Classification.

Sols Minéraux Bruts

Non climatiques

d'érosion ou plus rarement d'apport

lithosols (sur roche dure)

régosols (sur roche tendre).

CAISSON 2. GLACIS DIVERS DE PIEDMONT. SOLS MINÉRAUX BRUTS. SOLS PEU ÉVOLUÉS D'APPORT SUR MATÉRIAU GRAVELEUX. SOLS BRUNS CALCAIRES FRÉQUENTS.

Les sols de ces glacis occupent des pieds de massifs à des altitudes variables mais faibles par rapport aux massifs eux-mêmes, dépassant rarement 1500 à 1800 m, à l'exception de ceux se trouvant en des vallées plus encaissées (Vallée de Tarnak Rod à l'E). Ces altitudes décroissent d'une façon générale d'E en O où elles atteignent plus rarement 1000 à 1200 m. Ces glacis circonscrivent également de petits massifs intérieurs à la cuvette (N O et N E de Delaram, Kohé Khannesin ...). Ils présentent une grande variabilité en fonction de divers critères qui sont principalement les ensablements (Caisson 3) où leur entaillement par l'érosion (Caisson 7) où les deux (Caisson 8). Leur variabilité peut également provenir de la nature du sol qui les compose (Caissons 4 et 5).

Nous ne verrons ici que le type assez courant et classique qui se présente dans un relief relativement peu accusé, faiblement entaillé par les ravines d'érosion. On y observe :

- des sols minéraux bruts sur les pentes les plus fortes ;
- des sols peu évolués d'érosion sur de plus faibles pentes et d'apport sur des plats, replats et dans les petits talwegs.

Ils présentent tous un profil A C et sont très graveleux et à cailloutis souvent anguleux.

Classification.

Sols peu évolués

Non climatiques

d'apport ou plus rarement d'érosion

Lithiques

Régosoliques.

- des sols bruns calcaires relativement fréquents sur des piedmonts de massifs calcaires. Nous en avons ainsi observé au S E de Kandahar, au S de Quala I Kah (O de Farah) et en divers autres endroits. Le sol, généralement peu épais, 40 à 50 cm, repose sur des éboulis graveleux de roches ou sur des dépôts sédimentaires plus anciens.

Il présente un profil A (B) C à structure très développée, polyédrique fine à légèrement grumeleuse en A et (B) avec parfois de nombreux petits amas calcaires friables blancs. Il est de couleur jaunâtre ou rougeâtre et limono-argileux. L'horizon transitionnel (B) C, de couleur jaunâtre, moins argileux a une structure polyédrique moyenne bien développée avec peu ou pas d'amas calcaires.

Ce sol est soumis à une faible érosion pluviale et éolienne et présente en surface, soit des éboulis brêchiques, soit un cailloutis roulé. De ce fait il peut être tronqué très superficiellement. Il passe latéralement sur de faibles pentes à des sols peu évolués, limono-caillouteux, brêchiques.

Ces sols bruns calcaires, peu développés, paraissent en équilibre avec les conditions climatiques actuelles de la cuvette.

Classification.

Sols calcimagnésiques

Sols rendziniformes

Rendzines à horizon : A (B) C

Sols bruns calcaires ;

Tous ces glaciis sont cependant toujours très complexes et on peut observer associés aux sols précédents :

- des sols à différenciation calcaire par tâches et parfois léger encroûtement que superposent éventuellement des sols bruns calcaires ;
- de faibles encroûtements calcaires conglomératiques formant des terrasses en bordure des cours d'eau.

Enfin sous la surface plus ou moins graveleuse de ces glaciis se retrouvent des alluvions stratifiés de limons argileux à intercalations de gypse comme dans la région de Kandahar et celle du N de Laskargah. Ceci principalement dans la partie E de la carte.

CAISSON 3. VARIANTE AVEC VOILE SABLEUX SUPERFICIEL.

Ces piedmonts se localisent à l'O et au N de Farah, au N et N O de Qala I Kah dans la région d'Anardara, c'est-à-dire dans la partie N E de la région cartographiée, non loin de la frontière iranienne. Ils ont été observés le long de la route Farah-Anardara et sur celle allant de Qala I Kah à la frontière iranienne. Le plus souvent un léger ensablement (10 à 20 cm d'épaisseur) de sable éolien masque une brèche diversement grossière. Ces ensablements sont parfois discontinus sur les flancs des massifs eux-mêmes. Le tapis herbacé, très clairsemé, constitue une succession de petits monticules sableux éoliens (partie O de Qala I Kah). Au N O de Farah (Kohe Bibica Baran : 1929 m),

le massif calcaire donne naissance, sur pente, à une brèche profonde (Sol peu évolué d'érosion) avec peu de terre interstitielle rougeâtre et à des sols bruns calcaires peu épais sur des colluvions plus fines. Les avancées des massifs vers le "dasht" Babus en contre bas (650-750 m) sont toujours très graveleuses.

Les ensablements sont assez discontinus et de faible épaisseur. Ils ne masquent pas toujours les sols sous-jacents. L'origine des sables éoliens formant les accolements aux divers massifs paraît devoir être recherché dans la forte érosion éolienne qui se développe sur les "dasht" environnants, de textures diverses, soumis à la déflation.

CAISSON 4. VARIANTE AVEC DOMINANCE DE SOLS A DIFFERENCIATION CALCAIRE A ENCROûTEMENT ET SOLS GYPSO-SALINS PAR TACHES.

Cette variante se localise sur les glacis de piedmont des massifs dans la région de Kandahar (I). Il s'agit le plus souvent de glacis en pente très douce, très peu marqués par les lignes d'érosion directionnelles rejoignant les cours du Doré Rod, du Tarnak Rod et de l'Arghestan Rod, ceci sauf au voisinage des massifs où l'érosion est plus intense. Ici encore le sol est nu avec un cailloutis superficiel continu et une maigre végétation graminéenne distribuée par taches. Les profils observés sont généralement complexes. Une couverture de sédiments limoneux à limono-caillouteux forme la partie superficielle. Elle est épaisse de 10 à 80 cm et repose :

- soit sur un sédiment graveleux brêchique (assez peu d'éléments roulés, bien que ceci soit très variable) se superposant lui-même à un conglomérat encroûté par le calcaire, passant à un encroûtement blanc, limoneux, plus ou moins durci, mêlé à des éléments de roches ;
- soit sur un ancien sol brun à brun-rouge, à taches calcaires de 40 à 50 cm d'épaisseur, dépourvu d'horizon A, reposant sur un conglomérat plus ou moins encroûté puis sur un encroûtement blanc comme précédemment. Cet encroûtement blanc peut être non uniforme et formé simplement de lignes parallèles dans le conglomérat plus ou moins brêchique.

-
- (I) Cette région a été particulièrement bien observée du fait, lors de notre passage, de l'implantation du réseau électrifié reliant le barrage hydroélectrique de Kajakay à la ville de Kandahar. Les trous effectués, profonds de 3,5 à 4 m, pour l'installation des pylones s'échelonnaient tous les 250 à 300 m. Des observations ont pu être faites de façon identique sur une partie de trajet Laskargah - Kajakay et entre Maywand et Geresk.

Au voisinage des massifs le sol peu évolué de la partie supérieure de la coupe peut présenter des amorce de taches calcaires blanchâtres. Il repose alors directement sur une fine brèche grise ou noire cimentée par le calcaire.

Le long des fortes ravines d'érosion ou des cours d'eau à sec, au lit caillouteux, apparaissent dans les profils des passages gypseux ou gypso-salins précédant le niveau bréchique d'encroûtement.

Des datations C^{14} faites sur des niveaux d'encroûtement blanc de profondeur au S de Maywand montrent l'ancienneté de formation de celui-ci (14770 ± 190 ans BP. Echantillon K 74 921).

CAISSON 5. Variante avec dominance de sols gypso-salins

Cette unité se localise principalement dans le voisinage de Farah vers l'E où les piedmonts des massifs sont envoyés par des alluvions lacustres et fluvio-lacustres anciennes, très diverses, à dominance argileuse ou argilo-limoneuse intercalées de passées sableuses ou graveleuses. Ces sédiments très salés présentent des passages gypseux très abondants. Les lits caillouteux, bréchiques grossiers, qui s'intercalent au voisinage des massifs présentent des "barbes" gypseuses ou gypso-calcaires friables pouvant atteindre plusieurs cm.

Les sols que l'on observe sont généralement très complexes. C'est ainsi que l'on trouve fréquemment un horizon brun-rouge, peu cohérent pouvant présenter une fine ségrégation calcaire par points où même par taches, auquel succède un niveau caillouteux bréchique avec du gypse abondant, précédant un nouvel horizon, peu ou pas graveleux, sablo-limoneux avec d'abondantes cristallisations gypseuses. Cet horizon tend vers un encroûtement brun-blanchâtre et recouvre une nouvelle brèche. L'ensemble d'un tel profil complexe mesure environ 150 cm. Il s'agit donc de profils A B (Ca) B_{cs} C ou A B_{cs} C.

De tels sols se retrouvent également dans la partie SE de Kandahar ayant fait l'objet d'une esquisse cartographique à 1/100.000. En fait l'origine du gypse est à rechercher dans les anciennes formations lacustres ou fluvio-lacustres, très démantelées qui ennoyaient les massifs et que l'on retrouve parfois bien conservées sous formes de buttes témoins (Route Farah - Laso Jowayn). Ces piedmonts sont en pente relativement douce et les phénomènes d'érosion assez modérés. Quelques accolements sableux éoliens sont visibles par places.

Dans l'intérieur des massifs à l'E de Farah, en direction de Kurmaleq, à la faveur de "carèzes" s'observent en profondeur, au niveau de la nappe vers 4 m, des

encroûtements calcaires peu consolidés, relativement peu caillouteux et discontinus qui contrastent avec certaines terrasses conglomératiques, très encroutées sur des épaisseurs de 3 à 4 m qui bordent des cours d'eau à sec.

Classification.

Sols calcimagnésiques

Sols gypseux

à amas friables ou début d'encroûtement

à halomorphie plus ou moins accusée ;

CAISSON 6. VARIANTE. PLUS OU MOINS FORTEMENT ERODES AVEC AFFLEUREMENTS D'ARGILE OU DE LIMON ARGILEUX SALIN ET LACUSTRE (BUTTES TEMOINS PLUS OU MOINS ENTERREES).

Cette unité s'observe principalement entre Maywand et le S de Kajakay ou affleurement en piedmont des massifs des sédiments lacustres et fluvio-lacustres qui sont là les vestiges d'une surface ancienne se raccordant aux massifs voisins vers 900-950 m d'altitude. La coupe K 91 (p. 128. F S et S A) donne la succession observée sur une vingtaine de mètres à l'une de ces buttes. Elle montre la diversité de l'alluvionnement et la dominance à la fois de gypse et d'argiles limoneuses à filonnets salins très fréquentes dans le fond des profils.

L'érosion est dans cette partie le phénomène dominant et le matériau tendre que constitue ces sédiments a facilité le découpage et l'émiettement de ce piedmont en buttes multiples. Un conglomérat sommital grossier, gypso-calcaire, plus ou moins bien cimenté a favorisé la conservation du raccord glacis-massif rocheux. Ce conglomérat épais de 2 m, superficiellement à cristallisation gypseuse, recouvre des sables "poivre et sel" puis des alternances de sables fins et grossiers à galets avec des interstratifications plus fines et des lignes calcaires, ceci entre 2 et 4 m. En dessous s'observent des argiles brunes salines à forte exsudation. Ce glacis surplombe la plaine en contre bas d'une cinquantaine de mètres.

Les argiles salines brunes sont parfois surmontées, dans les profils, d'un horizon plus ou moins épais (30 à 50 cm), brun à brun-rougeâtre, pouvant présenter des taches calcaires dans sa partie inférieure. Un niveau graveleux peut s'intercaler éventuellement entre cet horizon et l'argile saline sous-jacente. La remontée des sels est favorisée par endroits par la présence de nappe à faible profondeur (2,50m).

Les petites buttes témoins moins hautes sont enterrées sous des sédiments détritiques d'origine diverse

en provenance des massifs (éboulis de roches ou de conglomérats, sables diversement grossiers ou finement limoneux...).

L'ensemble forme un paysage assez chaotique que nous retrouverons plus vers l'O à Charaw (entre Geresk et Delaram), où sous un conglomérat encroûté par le calcaire et très fortement consolidé se retrouve un niveau calcaire limoneux blanchâtre, massif, épais de 40 à 60 cm, qui repose sur les argiles salines brunes. En profondeur s'observe des passages abondants de gypse.

CAISSON 7. GLACIS DIVERS DE PIEDMONT, TRES ERODE

Il s'agit d'une variante très érodée du Caisson 2 où vont se retrouver dans un relief tourmenté, lié à une érosion très intense, les sols de ce même caisson.

Cette variante existe principalement entre Sultane Bakwa et Farah et sur la face N du Kohé Khannesin ainsi qu'à l'O du lac Hamuné Sabéri.

CAISSON 8. VARIANTE AVEC ENSABLEMENT SUPERFICIEL.

Il s'agit là d'une variante de l'unité précédente ou au relief tourmenté vient s'ajouter un ensablement superficiel mais beaucoup plus accusé que celui du caisson 3 et pouvant aller jusqu'à donner naissance à de nombreuses barkhanes. Sa localisation principale se situe sur le pourtour du massif volcanique du Kohé Khannesin, en versant S, près du cours de l'Helmand Rod (pp. 129-130. F S et S A). Les sols représentés ici sont essentiellement des sols minéraux bruts ou peu évolués sur sables sédimentaires parfois métamorphisés, sables éoliens, tufs et brèches volcaniques, calcaires blancs lacustres ou hydrothermaux autour des griffons ... ainsi que ceux sur la roche volcanique elle-même (carbonatite, phonolite ...). F S et S A, pp. 128-129.

CAISSON 9. ALLUVIONS DE PIEDMONT TRES ERODEES AVEC BUTTES TEMOINS DE L'ANCIEN RELIEF LACUSTRE (ARGILE, LIMON ARGILEUX). SOLS PEU EVOLUES D'APPORT.

Cette unité se localise en contre bas des glacis de piedmonts précédents, à des altitudes variables, en des plaines à pentes plus ou moins accusées.

Deux types paraissent pouvoir exister:

- un premier assez semblable à un cône de déjection au sortir des massifs. Cône qui découpe l'ancienne surface en buttes témoins multiples très ennoyées dans des sédiments très graveleux (régions N de Farah Rod, O,N et SE de Délaram, S de Khurmaleq...).

Ainsi au S de Khurmaleq s'observe un grand cirque constitué de sédiments très graveleux dont les sols présentent un horizon brun-rouge parfois à taches calcaires reposant sur un niveau caillouteux à accumulation gypseuse friable. Dans ce cirque et dans sa partie centrale se voit un vaste cône, de déjection, de 6 à 10m de hauteur, constitué de très gros blocs roulés, pouvant atteindre jusqu'à 20 à 40 cm de diamètre, mêlés à des dépôts sableux gypseux grossiers interstitielles. Les cours d'eau à sec qui traversent la dépression sont en limons peu évolués. Les argiles lacustres s'observent parfois en bas des coupes.

Un cône de déjection identique s'observe au N.E. de Farah Rod. Le relief très vallonné présente des dénivellés de 6 à 8 mètres entre les interfluves très caillouteux et les petites terrasses plus limoneuses en contre bas. Les buttes sont très graveleuses, couvertes de cailloutis bréchiques avec des blocs atteignant 10 à 15 cm. Les sols peu évolués limono-caillouteux ont une coloration brun-rouge.

Au voisinage de Délaram les alluvions de piémont se présentent sous la forme de conglomérats très encroûtés par le calcaire, épais de 80 à 100 cm, ils forment des surfaces planes ou légèrement bosselées, mais sont découpées par d'importantes ravines d'érosion qui laissent apercevoir sous-jacents:

- des limons beiges pulvérulents, gypseux, mêlés de cailloutis de 1 à 2 cm. de diamètre, parfois roulés. L'ensemble devient de moins en moins caillouteux en profondeur, polyédrique assez friable et lité à la base vers 160 cm;

- un cailloutis plus anguleux présentant des amas gypseux. L'épaisseur de cette coupe atteint dans cette ravine d'érosion 350 cm. Les sédimentations sous-jacentes au conglomérat occupent des surfaces importantes, très découpées par l'érosion dans la partie aval, tandis qu'en remontant vers le massif, le conglomérat encroûté, alors très épais, épouse la forme du talweg, descendant presque jusqu'en bas, de celui-ci. Il atteint alors une épaisseur de 450 cm.

Tout ceci démontre la déversité de ces cônes de déjection qui recoupent des surfaces anciennes diverses et qui font souvent la transition entre le piémont de massif en pente douce, et la plaine alluviale en contre bas.

Dans cette partie, les alluvions anciennes, lacustres, argileuses, sont beaucoup moins visibles que dans le Caisson 6, mais, sous jacentes, déterminent l'apparition dans les sols eux-mêmes de niveaux gypseux et salins.

- un second très différent parce que la surface d'érosion, au sortir des glacis, est ponctuée par des terrasses successives qui adoucissent le relief. Ceci est visible dans la vallée du Tarnak Rod, à l'E. de Kandahar, en remontant vers le plateau de Moqur.

Trois terrasses s'échelonnent ici sur la pente des massifs et contribuent à atténuer la forte érosion précédente donnant les cônes de déjection. Les deux terrasses

supérieures portent un conglomérat encroûté sommital tandis que la troisième, limono-argileuse, est en cultures. Les dénivellations sont importantes dans cette vallée très encaissée et les sédiments anciens affleurant en coupe entre chacune des terrasses sont à dominance sableuse, parfois cimentés tendant à donner un grès. Ils sont mélangés à des éboulis de roches plus ou moins grossiers en provenance des massifs, parfois en très gros blocs. Ce sont ces sédiments de texture diverse qui constituent les sols peu évolués entre les différentes terrasses. A Qalat la plus élevée de ces terrasses surplombe le lit du Tarnak Rod d'une centaine de mètres, tandis que la seconde se situe à une trentaine de mètres et la troisième, limono-argileuse, à une dizaine de mètres environ au dessus du cours d'eau. Le cours du Tarnak Rod paraît avoir emprunter ici une importante faille. C'est à la suite de fluctuations climatiques que ce seraient façonnées les terrasses, ceci en liaison avec des variations de niveaux de lacs de piedmont à ces massifs, lacs dont l'exutoire pouvait se situer à l'O de Kandahar, peut être à Keskenakhud (Maywand).

Au fur et à mesure que l'on descend de Qalat vers Kandahar, les terrasses supérieure et moyenne finissent par se rejoindre et se confondre dans la cuvette de Kandahar où des sédiments dolomitiques, épais de 2 m. environ, s'observent en différents endroits (coupe le long du Doré Rod. Age compris entre 34.300 ± 1900 et 26.270 ± 880 ans BP) et témoignent bien d'une ancienne étendue lacustre, la terrasse supérieure du Tarnak Rod a été datée de 27.400 ± 880 ans BP et la terrasse moyenne de 15.970 ± 240 ans BP (pp.125-126. F S et S A).

Les sols de cette unité apparaissent parfois très complexes du fait de la multiplicité des roches mères, socle ou sédiments anciens ayant eux-mêmes hérité de caractères ou de pédogenèses antérieures (gypseuses, salines et calcaires). Il est difficile de définir dans ces éboulis une pédogenèse propre et actuelle. C'est pour cette raison que nous avons préféré ranger les sols de cette unité dans la classe des sols peu évolués.

CAISSON 10. ALLUVIONS DE PIEDMONT, EN SURFACE PLANE PEU ERODEE, DE PLUS EN PLUS GRAVELEUSES EN REMONTANT LE PIED-MONT. SOLS PEU EVOLUES D'APPORT SUR MATERIAUX DIVERS.

Cette unité a été cartographiée essentiellement en bordure des massifs dans la région de Farah Rod.

Nous retrouvons ici des surfaces planes, très peu érodées, aux larges cours d'eau à sec et très caillouteux, aux berges à peine marquées par rapport à la plaine sauf en remontant au voisinage des massifs.

Le sol peu évolué (profil A C) est constitué par un épandage limono-caillouteux pratiquement jusqu'à la montagne, il peut être parfois plus limoneux, limono-argileux en profondeur vers 40 à 50 cm (N de Farah). Le cailloutis de 2 à 4 cm de diamètre est brêchique avec quelques galets roulés. Sur la route Farah Rod-Hérat où ces mêmes sols sont observés, on note, suivant la pente, des alternances de plages à cailloutis noirs abondants et de parties à cailloutis moins nombreux mais plus grossiers. Le sol, ici encore, est limono-graveleux grossier, peu évolué. Il s'agit d'une brèche fluviale assez récente qu'accompagnent des galets roulés. Observée sur 50 à 60 cm, on y trouve très rarement des remontées gypseuses, soit en fines cristallisations dans des sables grossiers sous jacents, soit par de fines barbes à la base des galets. Il y a peu de vallonnements importants sauf au voisinage direct des massifs où les cours d'eau très caillouteux peuvent présenter sur leurs berges un conglomérat cimenté par le calcaire mais très démantelé, que surplombe la surface des sols peu évolués de 1m environ. Comme dans tous les sols précédents, la végétation se réduit à quelques rares touffes de graminées et d'épineux en coussinets.

CAISSON 11. VARIANTE: EN MATERIAU LIMONEUX PEU EPAIS SUR CAILLOUTIS OU INTERSTRATIFIE (LIMON, LIMON-ARGILEUX). SOLS PEU EVOLUES D'APPORT. SOLS HYDROMORPHES A REDISTRIBUTION DE CALCAIRE PAR ACTION DE NAPPE, PARFOIS SALES. (REGION SUD-EST DE KANDAHAR).

Cartographié uniquement au S E de Kandahar, au voisinage de l'Arghestan Rod, ce type de sol doit se rencontrer, mais moins fréquemment, en des dépressions sur le pourtour de la cuvette Séïstan-Régestan-Margo (p.143 et pp.151 à 154 F S et S A).

Ces sols occupent des surfaces planes et s'observent sur des dépôts limoneux, parfois plus ou moins sableux à intercalations de galets conglomératiques. Ils présentent des profils A C (Sols peu évolués) ou A B_{Ca} C (Sols à redistribution de calcaire par action de nappe). L'horizon B_{Ca} apparaît vers 20 à 30 cm sous forme de taches blanchâtres plus ou moins abondantes pouvant aller jusqu'à donner un début d'encroûtement. Des "barbes" calcitiques peuvent accompagner les galets roulés du conglomérat.

Ces sols sont susceptibles de présenter une fine cristallisation gypseuse en A ainsi parfois que des efflorescences salines superficielles.

Classification.

Sols hydromorphes

minéraux (peu humifères)

à redistribution du calcaire par action de nappe

à taches et encroûtement

Intergrades parfois vers des sols sodiques ;

CAISSON 12. ZONE D'EPANDAGE GRAVELEUSE OU DE TEXTURE DIVERSE (PLAINES DE PIEDMONT) MAIS SUPERFICIELLEMENT CONGLOMERATIQUE NON CIMENTE PAR LE CALCAIRE. SOLS PEU EVOLUES D'APPORT DOMINANTS.

Cette unité est largement répandue :

- dans la région de Kandahar ;
- autour de Maywand ;
- au S de la route Charaw-Délaram ; (1)
- au N et le long de la route Délaram-Sultane Bakwa ;
- au S de Farah Rod ;
- au S d'Anardara (Dasht Babus),
et en de multiples autres endroits formant de petites surfaces.

Elle est sensiblement identique à la précédente avec pour différence qu'un épandage uniformément très graveleux recouvre le plus souvent la surface du sol même si des interstratifications de textures diverses peuvent exister dans les profils. Ceci est notamment visible dans la partie S E de Kandahar où l'ensemble stratifié (alluvions fines ou diversement grossières et même conglomératiques mais non encroûtées, sauf au voisinage des cours d'eau), épais de 8 à 10 m, repose sur des calcaires dolomitiques. Les sols de l'unité précédente à profils A C et A B_{Ca} C coexistent avec des passages salins et gypseux.

Entre Délaram, Charaw et Sultane Bakwa le relief est le plus souvent uniformément plan, mis à part les passages des cours d'eau bordés de leurs terrasses conglomératiques très encroûtées, en surplomb, et des massifs de Charaw ceinturés d'affleurements d'argiles lacustres anciennes souvent couronnées de niveaux calcaires blancs. Partout ailleurs dominant des sols peu évolués, formés sur des dépôts limono-caillouteux récents tandis que le substratum sédimentaire ancien fait son apparition sous forme de bosses légères, à peine marquées à encroûtement calcaire blanc sur limon ou sable limoneux très cimenté par le calcaire.

Dans la dépression de Sultane Bakwa ce sont souvent des alternances des limons beiges ou de sables limoneux peu évolués (de 50 à 60 cm) qui reposent sur un cailloutis fluvial d'épaisseur similaire. Cet ensemble se situe souvent au-dessus d'un calcaire blanc sédimentaire très fin pouvant atteindre 50 cm d'épaisseur. Ces différents dépôts se superposent à une brèche très dure, cimentée par le calcaire, qui atteint 15 à 20 m d'épaisseur où se situe la nappe qui sert à l'irrigation des cultures de la région. Les limons en sols peu évolués, recouvrent parfois des sols brun-rouge caillouteux, massifs, sablo-argileux à débit polyédrique, présentant des taches calcaires par places. Des efflorescences salines remontent par endroits dans la partie supérieure limoneuse. Un fin cailloutis noir de 2 à 3 mm de diamètre sépare le limon supérieur du sol brun-rouge.

(1) Charaw parfois orthographié Chourab dans F et S A, ex. p. 117, n° 14.

Au S d'Anardara c'est un vaste cône de déjection à surface plane qui constitue la plaine. Il se présente comme uniformément brêchique avec des passages conglomératiques ou limoneux, ceci sur une épaisseur de 25 à 30m (puits observé au fond de la dépression près d'Anardara avant le passage du cours d'eau). Le fond conglomératique de ce puits est très fortement cimenté par le calcaire au niveau même de la nappe d'après les autochtones. La partie supérieure de ce dasht (Dasht Babus) que nous n'avons pu observer en détail, faute de possibilité d'arrêts prolongés, paraît fait ici d'alternances de dépôts très caillouteux, plus ou moins finement graveleux et brêchiques avec des passages plus limoneux dans lesquels se dessinent un système polygonal à mailles de 40 à 50 cm de diamètre avec fentes en coins à remplissage sableux. Le sol des polygones paraît lui-même limono-graveleux fin et serait peut être à rapprocher de ceux observés au N du Kohé Khannesin et dans le dasht Sarpat au S de l'Helmand Rod (entre Caharburjak et Deshu) que nous décrirons plus en détail.

Dans ce caisson, comme dans les précédents, demeure une assez forte hétérogénéité liée à un substratum composé souvent d'alluvions sédimentaires anciennes, notamment encroûtements calcaires, dépôts lacustres ou fluvio-lacustres salins et gypseux. Le recouvrement limono-graveleux à cailloutis superficiel abondant apparaît cependant le caractère essentiel de la sédimentation qui en uniformisant la surface donne une apparence faussement homogène à ces surfaces sans doute très complexes. Elles apparaissent en même temps le résultat d'une érosion éolienne intense qui, en enlevant les particules fines des horizons supérieurs, uniformise un modelé initialement plus diversifié. Ici encore la végétation quasi-absente est du même type que dans les autres unités.

CAISSON 13. VARIANTE: AVEC BUTTES TEMOINS DE L'ANCIENNE SURFACE LACUSTRE (ARGILE, LIMON ARGILEUX A COUVERTURE CONGLOMERATIQUE SOUVENT ENCROUTEE). SOLS PEU EVOLUES D'APPORT. SOLS A DIFFERENCIATION CALCAIRE A ENCROUTEMENT. SOLS GYPSO-SALINS.

Les sols de cette unité sont souvent associés à ceux de l'unité 6 mais, tandis que cette dernière est constituée de sols minéraux bruts sur matériaux sédimentaires anciens et divers, ici les sols sont plus variés par suite des roches environnantes sous-jacentes. Celles-ci influent sur la pédogenèse des sédiments qui sont venus combler un piedmont relativement tourmenté et raviné.

On les observe:

- au NE de Geresk;
- de part et d'autre de la vallée du Khash Rod, du S de Délaram à Wuwuri et plus au S de ce dernier village.

C'est principalement au NE de Geresk et entre le S de Délaram et Wuwuri que nous les avons le mieux observés.

En cette dernière position des lignes de fractures (failles?) ont amené à un enfoncement du cours du Khash Rod dans le "dasht" environnant causant par là même, une succession de terrasses (3 vraisemblables) et le morcellement des surfaces successives (pp.119 à 121. F S et S A).

On a dans cette région 2 surfaces principales très différentes:

- une première, la plus haute, caractérisée par des conglo-mérats à encroûtement calcaire en bordure des anciennes voies d'eau et par le "dash" caillouteux à profil gypseux en s'éloignant de celles-ci (Caisson 24);
- une seconde, occupée par des sols gypso-salins, à couverture très graveleuse tandis que des buttes témoins de la première surface présentent superficiellement des conglo-mérats gypseux ou gypso-calcaires qui se superposent aux limons argileux salins.

Classification.

Sols calcimagnésiques

Sols gypseux

en amas friables et début d'encroûtement
à halomorphie plus ou moins accusée ;

Des limons argileux blanchâtres, très calcaires et en plaquettes s'observent au sommet des limons argileux salins. Leur datation C 14 a donné un âge s'échelonnant entre $33\ 200 \pm 1600$ et $30\ 300 \pm 1050$ ans BP.

- une troisième surface, inférieure, limono-argileuse, qui porte les cultures, s'observe par places le long du Khash Rod. Elle est formée de sols peu évolués d'apport (Caisson 15).

Au N de Geresk le paysage et les sols sont un peu différents des précédents. La surface argileuse, limono-argileuse saline constitue l'élément essentiel d'un substratum sur lequel se superpose des alluvionnements ou col-luvionnements en fonction d'une topographie tourmentée faite de dépressions plus ou moins multiples souvent en cultures et de bosses ou buttes témoins en surplomb.

Dans les dépressions on observe souvent des sols peu évolués, sableux, à intercalations de galets ou de sables grossiers qui atteignent 150 à 200 cm d'épaisseur et reposent sur les argiles. Ces sables font parfois places à des limons argileux présentant un cailloutis plus ou moins abondant, reposant toujours sur les argiles salines. La nappe phréatique, en certains endroits, peut-être à faible profondeur (250 cm) et favorise des remontées de sel dans la partie supérieure des profils.

Sur les points hauts du relief où l'érosion est forte apparaissent sous un cailloutis abondant des sols à faible différenciation calcaire, brun-rouge, à taches calcaires diffuses, d'épaisseur variable (40 à 100 cm). reposant sur des horizons graveleux présentant des dépôts interstitiels

gypseux qui se superposent aux argiles salines. Plus rarement le sol est gypseux (en aiguilles) dès la surface, sur un mètre environ, ceci dans un cailloutis abondant de 1 à 2 cm de diamètre. Nous retrouvons ici des profils A B_(Ca) B_{cs} C ou A B_{cs} C décrit au caisson 5.

Tous ces nombreux profils ont été observés sur des épaisseurs de 350 à 400 cm, puisque nous avons profité, ici encore, de l'installation de la ligne de pylones reliant le barrage hydroélectrique de Kajakay à Geresk-Laskarhag-Kandahar.

En nous rapprochant de la bordure de l'Helmand Rod, que suit la route, nous retrouvons le conglomérat encroûté épais de 4 à 5 m qui repose sur des argiles anciennes à débit en gros cubes. La terrasse fait 8 à 10 m d'épaisseur, tandis que la dépression alluviale qui borde le fleuve se situe 15 à 20 m en dessous de la partie supérieure de la terrasse.

Pour nous résumer, nous avons en cette partie bordant l'Helmand Rod et en reprenant ce qui a été dit pour le caisson 6 :

- un glacis terrasse fortement encroûté, calcaire ou gypso, calcaire au contact des massifs, avec des argiles salines sous-jacentes mêlées de sédiments détritiques variés;
- une zone hétérogène faite de buttes témoins et de dépressions aux sols divers (Sols peu évolués. Sols à profils à différenciations calcaire et/ou gypseuse: A B_(Ca) B_{cs} C) mais reposant toujours sur les argiles salines anciennes;
- une terrasse conglomératique calcaire, très encroûtée, reposant sur les mêmes argiles salines, surplombant la dépression de l'Helmand Rod;
- la dépression de l'Helmand Rod en cultures irriguées et en sols peu évolués limoneux à limono-argileux avec éventuellement des interstratifications de textures diverses.

CAISSON 14. LIT DE COURS D'EAU DIVERSEMENT GRAVELEUX OU DE
TEXTURE PLUS FINE EN AVAL. SOLS PEU EVOLUES
D'APPORT.

Cette unité s'observe en toutes régions, principalement dans le lit des petits cours d'eau au voisinage des massifs et plus rarement dans le "dasht" lui-même, là où une rupture de pente brutale à amener l'accumulation de matériel très graveleux. Les sols sont le plus souvent des sols peu évolués d'apport ou minéraux bruts sur des alluvions souvent grossières à interstratifications plus fines.

Du fait de leur position topographique, dans le lit lui-même, ou au voisinage direct, et bien qu'à sec 8 à 9 mois de l'année, ils sont généralement incultes.

CAISSON 15. EPANDAGE DE TERRASSES OU DE DERESSIONS DE TEXTURE LE PLUS SOUVENT FINE (LIMON, LIMON ARGILEUX). SOLS PEU EVOLUES D'APPORT SOUVENT EN CULTURE.

Cette unité est largement répandue et se localise dans les voisinages plus ou moins immédiats des 3 principaux fleuves: Helmand Khash, Farah Rod dont elle constitue les terrasses où des plaines alluviales, au débouché des massifs, où viennent mourir de nombreux petits cours d'eau (Délaram-Sultane Bakwa, Plaines de Qala I Kah, d'Anardara..).

Les épandages alluviaux, de texture le plus souvent fine, allant de limoneuse à limono-argileuse, présentent très rarement des stratifications plus grossières ou bien seulement dans le voisinage des cours d'eau.

Les sols ont un profil A C:

- A: brun-beige, gris beige se dégradant légèrement avec la profondeur et se différenciant assez mal de C. Texture variable mais fine. Structure massive à débit polyédrique, ou polyédrique moyenne. Compacité et cohésion fortes pour les textures les plus argileuses. Porosité vésiculaire peu développée. Enracinement moyen sur l'ensemble de l'horizon. Epaisseur 30 à 50 cm.
- C: coloration légèrement plus claire, texture variable en fonction de l'alluvionnement. Il peut y avoir alternance de limon argileux feuilleté, sable limoneux pulvérulent, cailloutis, conglomérat, sable lité particulaire.

Les caractéristiques physico-chimiques sont très variables en fonction de la texture, mais sont le plus souvent proche de celles du caisson 19 ou intermédiaires entre celles des caissons 14 et 19. Ce sont dans leur ensemble des terres excellentes où se concentrent les cultures irriguées les plus diverses (blé, riz, maïs, coton.... cultures maraichères.

L'irrigation se fait:

- soit à l'aide d'un système de canaux de dérivation prélevant l'eau aux grands fleuves (Régions de Kandahar et de Laskargah particulièrement bien aménagées). L'on tend là vers une culture intensive encore que divisée en multiples petits lopins de terre;
- soit par des arrivées d'eau en provenance des "carèze", véritables galeries souterraines allant chercher l'eau au sortir des massifs pour la conduire ensuite à l'air libre vers les cultures. Il s'agit là du système le plus répandu et le plus ancestralement traditionnel. Ces "carèze" s'observent également dans des "dasht" très éloignés des massifs où ils se retrouvent près de zones de rupture de pente ou dans des dépressions à peine marquées;
- soit par puisage dans une nappe profonde (15 à 20m dans la région de Sultane Bakwa) au moyen de moto-pompes, ou plus archaïquement de norias.

Ces eaux, suivant leur origine, peuvent être diversement chargées en sels et contribuer à la salinisation du sol. Ceci est principalement valable pour les eaux des "carèze" circulant dans les "dasht" et pour certaines nappes profondes.

CAISSON 16. VARIANTE: EN ALTERNANCE AVEC DES PASSAGES TRES GRAVELEUX.

Localisé au voisinage des massifs, dans les régions de Musa Qala (au N de Geresk), de l'E de Charaw, du S de Qala I Kah... Alternance très fréquente des caissons 14 et 15 formant des mosaïques complexes et incartographiables à l'échelle du 1/500 000.

Les sols du caisson 15 peuvent faire l'objet de cultures. Le relief, contrairement à celui des deux précédentes unités est relativement plus accidenté.

CAISSON 17. VARIANTE : AVEC INTERSTRATIFICATIONS PLUS OU MOINS GROSSIERES ET ENCROUTEMENT CALCAIRE DE FAIBLE PROFONDEUR. SOLS PEU EVOLUES D'APPORT. SOLS A DIFFERENCIATION CALCAIRE, A ENCROUTEMENT.

Le relief ici d'une façon générale est légèrement plus accusé que dans le précédent caisson donnant des plateaux nus, limoneux à cailloutis superficiel abondant, recoupés par de petites vallées évasées, sèches, présentant un conglomérat encroûté sur leurs rives. En profondeur, sous un limon parfois plus ou moins graveleux et d'épaisseur variable (40-60 cm), s'observe un encroûtement blanc limoneux, massif ou rognoneux qui peut reposer lui-même sur un conglomérat très massif encroûté par le calcaire, au contact du niveau précédent, puis friable (épaisseur de l'ensemble: 250 cm. à l'E. de Musa Qala).

Dans les zones de forte érosion, ces différents niveaux apparaissent en coupe, intercalés de grès calcaires plus ou moins fortement encroûtés ou de niveaux limono-argileux.

Au S.O. de Maywand en remontant de la vallée de l'Arghandab Rod vers le village s'observe:

- (1) des limons très meubles constituant la terrasse inondable du fleuve couverte de Tamarix ou en culture de melons (Sols peu évolués d'apport à tendance hydro-morphe);
- (2) des sols peu évolués limoneux, limono-caillouteux de 50 à 80 cm reposant sur des calcaires limoneux blancs;
- (3) des sols plus complexes en haut de pente:
 - à horizon brun-rouge, limono-caillouteux, à faibles taches calcaires, très structuré (0-30 cm).

- à horizon gypseux en cristaux allongés formant des "barbes" importantes au cailloutis ou mêlés au sédiment (30-60 cm);
- à horizon limoneux calcaire blanc (60-70cm);
- à cailloutis conglomératique meuble (70-95 cm) ou cimenté par le calcaire très massif (95-135 cm)...

Au milieu des sols peu évolués du niveau (2), nombreuses buttes présentant des affleurements de calcaires limoneux blancs. L'ensemble de ces sols, mis à part ceux des buttes, sont en cultures.

Dans le "dasht" Bakwa la couverture loessique, en sol peu évolué, est plus importante pouvant atteindre jusqu'à 150 à 200 cm. Elle repose, soit directement sur un encroûtement limoneux blanc (20 à 40cm), soit sur un cailloutis fluvial ou bien encore sur un sol brun-rouge sablo-argileux à efflorescences salines et taches calcaires qui paraît former des lentilles au milieu des sols précédents. La couverture loessique est fréquemment recouverte par un cailloutis roulé dont l'épaisseur peut atteindre 40 à 60 cm. Sous cet ensemble s'observe dans les puits, sur plus d'une dizaine de mètres, une brèche conglomératique fortement encroûtée sur toute son épaisseur ou seulement au niveau de la nappe (15 à 20 m).

CAISSON 18. ALTERNANCE DE 15 ET 17-

Ce caisson est observé principalement entre Geresk et Laskargah sur la rive gauche de l'Helman Rod. Il y a dans cette partie alternance d'épandage limoneux ou limono-argileux (Sols peu évolués d'apport. Caisson 15) et d'une variante à stratifications plus ou moins grossières et encroûtement calcaire de faible profondeur (Sols peu évolués d'apport. Sols à différenciation calcaire à encroûtement. Caisson 17).

Le complexe de sols couvre le périmètre d'irrigation que l'Office américain avait entrepris de mettre en valeur. Ce périmètre se place dans un contexte général salin lié à la présence du "dasht" voisin, si bien que des taches de sols salins existent plus ou moins nombreuses. Ces sols portent les mêmes cultures que celles observées dans le périmètre d'irrigation de Kandahar: blé, riz, maïs, coton, cultures maraichères diverses.

CAISSON 19. EPANDAGE LACUSTRE OU FLUVIO-LACUSTRE, LIMONEUX A LIMONO-ARGILEUX. SOLS PEU EVOLUES D'APPORT, SOUVENT SALINS.

Les sols de cette unité se retrouvent en différentes régions:

- dans d'anciennes cuvettes lacustres redécoupées par l'érosion (dépressions de Kandahar et de la bordure de l'Helmand Rod dans la région comprise entre Laskargah et Darwésan):

- sur le pourtour plus ou moins éloigné des lacs actuels en remontant les cours de l'Harud Rod et du Farah Rod (Lac Hamuné Sabéri), du Khash Rod et de l'Helmand Rod (Lac Jéhilé Puzak), de l'Helmand Rod (Lac Sora I Hamun, Gawdézéreh sur la rive gauche de ce fleuve).

Cette dernière étendue lacustre, en eaux sur les photographies aériennes (mission 1960), était à sec sur les images satellites 1972 et lors de notre passage. Ceci paraît être dû en grande partie à la création du barrage hydro-électrique de Kajakay (I). Cette vaste cuvette, d'un accès très difficile par suite de bordures ensablées à fortes pentes est en contre-bas du "dasht" voisin qui la surplombe de 100 à 150m. Une seule pénétration y a été faite au S de Rodbar au cours d'une mission avec J.P.CARBONNEL. La descente s'effectue par une série de paliers successifs à dominance très sableuse consolidés par endroits par des débris de conglomérats. Dans un dernier palier, en bordure du fond de la dépression s'observent en coupe sur une quinzaine de mètres de la surface vers le bas:

- sur 1m un conglomérat moyennement grossier légèrement gypseux;
- sur 2m des limons feuilletés alternativement verdâtres et beige-rougeâtre avec de nombreuses taches d'hydromorphie;
- sur 10 à 12 m des sables roux à stratifications entrecroisées, relativement meubles.

En contrebas de ce palier se voit dans une ravine d'érosion, des limons argileux feuilletés, hydromorphes, à pseudo-gley, épais de 4m qui reposent sur des sables.

La première partie du parcours, avant d'atteindre la vaste étendue lacustre plane et nue, est parsemée de nombreuses buttes témoins de texture diverse (buttes sableuses surmontées de limon en plaquettes ou d'argile limoneuse) qui circonscrivent des dépressions limono-argileuses, plus ou moins étendues dont les sols présentent une fine cristallisation gypseuse et saline.

Les sols des autres grandes dépressions ne présentent pas la grande homogénéité figurée sur la carte pour des besoins de schématisation. En effet, leur surface peut être parsemée de buttes témoins de reliefs anciens, de faible hauteur et étendue, qui attestent d'une vieille érosion liée à des variations climatiques (réchauffement entraînant, lors de la fonte des neiges et des glaces accumulées sur les hauts sommets entourant le bassin, des écoulements importants des cours d'eau, un relèvement non moins important du niveau des lacs en même temps que s'effectuait l'effondrement tectonique de grands compartiments où figurent les lacs actuels). Cette vision catastrophique explique l'enchevêtrement de matériaux divers qui s'empilent souvent, comme au S et à l'E de Zaranj, en des buttes de 5 à 10m. de hauteur constituées de:

(1) Ce barrage a pour effet d'écarter et de régulariser la crue de l'Helmand Rod.

- conglomérat grossier sommital à ciment gypseux, sur 1m;
- sables jaunes et gris très hydromorphes avec des passages d'argiles en fines plaquettes salines, brunes, se débitant en polyèdres très durcis sur 3m;
- des sables gris-beige, massifs, très compactés, sur 2 m.

En contrebas s'observent des cuvettes de sédimentation lacustre qui se tiennent entre les petites collines qui forment ces buttes et dans lesquelles se poursuit un remplissage de sédiments limono-argileux à argilo-limoneux où se distinguent deux niveaux de calcaire limoneux, blanc, très consolidés. Des datations récentes (1978) au C^{14} , faites sur ceux-ci ont donné des âges de:

- 8790 ± 460 ans BP. Echantillon 76-210. Profondeur: 170cm
- 16390 ± 280 ans BP. Echantillon 76-220. Profondeur: 220cm.

La coupe de la dépression prise dans un canal d'irrigation en cours de creusement était profonde de 3m et située dans le voisinage de la butte témoin ci-dessus.

Ces âges sont voisins de ceux indiqués, en d'autres lieux, pour des périodes de sédimentations calcaires (F S et S A, pp.241-242), de la 3ème période (15970 ± 190 et 12570 ± 190 ans B P) et de la 2ème période (9030 ± 125 et 6490 ± 120 ans BP).

En d'autres parties de cette même région, ce sont ces sédiments lacustres ou fluvio-lacustres récents qui, découpés par le vent, forment de petits monticules, de 1 à 2m. de haut, qui bossellent la surface du sol (Echantillon 71 K 352 prélevé à l'E de Zaranj: 9030 ± 125 ans B.P.). Des ensablements éoliens, sous forme de barkhanes, apparaissent dans ces parties, mais sont peu fréquents comparés à ceux du caisson 22.

Au N et au S de Cakhansur apparaissent, au milieu des sols alluviaux (caisson 15) et des sols du caisson 19, de petites buttes qui forment des monticules de faible importance (2 à 5m de hauteur), constitués par des argiles salines anciennes, hydromorphes, très massives que nous retrouverons sur les "dasht" environnants. Elles sont surmontées par une exsudation saline et des cristallisations gypseuses qui peuvent se développer dans un conglomérat sommital très grossier.

Les sols de ce caisson 19 sont très proches de ceux du caisson 15, mais de façon générale beaucoup plus souvent limono-argileux à argilo-limoneux. Leur profil est de type A C.

A : gris-beige, brun-beige. Limono-argileux à argileux, parfois limoneux. Structure variable, polyédrique moyenne ou massive à débit polyédrique dans les sols limoneux ou limono-argileux, prismatique grossière dans les plus argileux. Compacité et cohésion des éléments structuraux généralement fortes. Porosité

- Porosité vésiculaire faible sauf sur les premiers cm. Enracinement faible à nul, fonction du couvert végétal. Epaisseur 20 à 50 cm.
- C : coloration identique ou légèrement plus claire. Texture voisine de A sur plusieurs mètres. Structure massive. Sol frais à légèrement humide. Compacité élevée. Porosité faible à nulle. Enracinement nul à peu marqué.

Nous rappellerons ici les caractéristiques physico-chimiques principales tout en renvoyant à l'annexe 14 et à F S et S A pp.143 à 146. Les teneurs en argiles sont variables, de 10 à 50% (le plus souvent 10 à 20%), celles de limon fin de 10 à 55% (fréquence la plus abondante entre 20 et 40%). Les teneurs en sables fins sont variables: 2 à 25%, celles en sables grossiers faibles (0-5 %). Teneur en carbone : 1 à 9%. (moyenne 1 à 4%.)

Teneur en azote: 1 à 2%. (moyenne 0,3 à 0,8%)

Ceci pour les horizons de surface, en profondeur ces valeurs décroissent rapidement.

Teneur en CO_3Ca total comprise entre 10 et 20% sans qu'un gradient calcaire apparaisse. Teneur en calcaire actif : 5 à 120%. pH entre 8 et 9,5 relativement constant ou croissant avec la profondeur. Les pH élevés indiquent la présence de sels solubles (dominance de ClNa mais aussi de sulfate, bicarbonate de Na, Ca et Mg).

Bases échangeables. Complexe saturé par Ca. Les valeurs de Mg sont élevées (2 à 9 me % en surface, 1 à 12 me % en profondeur mais surtout 2 à 5 me % d'où une diminution de cet élément en profondeur. K est compris entre 0,3 et 0,5 me % en profondeur 0,3 à plus de 1 me % en surface. Na est faible après extraction des sels solubles (inférieur à 1 me %).

P_2O_5 total compris entre 0,75 et 1,75%. . P_2O_5 assimilable 17 à 75 ppm.

Ces sols sont très fréquemment salins mais sont peu différenciables morphologiquement des sols peu évolués si ce n'est parfois par la présence d'efflorescences salines formant une fine pellicule squameuse superficielle ou une croûte durcie s'exfoliant par plaques dont l'épaisseur se limite à quelques mm. Les exsudations n'apparaissent que dans les parties les plus basses. Dans le profil une forte salinité se traduit par une perte de structure, le sol tend à devenir pulvérulent en même temps que frais à légèrement humide et à faible compacité. Les valeurs en éléments échangeables sont peu différentes des sols peu évolués (Ca, Mg, K) à l'exception de Na qui peut prendre dans certains cas des valeurs élevées (10 me % et plus) qui impliqueraient leur classement parmi les sols sodiques à structure dégradée. Les sels solubles peuvent être très abondants déterminant des conductivités de l'extrait de saturation élevées. Celles-ci sont décroissantes de la surface vers la profondeur mettant en évidence des phénomènes de remontée lors de l'assèchement des sols qui suit la période pluvieuse ou l'inondation.

On peut observer dans ces sols en plus de ClNa souvent très dominant, SO_4 , Na_2 , Cl_2Ca ainsi que du gypse et parfois des carbonates et bicarbonates de Na dans l'exsudation saline, mais beaucoup plus rarement en profondeur dans les profils. Ces sols sont en partie cultivés dans la région de Kandahar où l'eau est relativement abondante par suite d'importants travaux d'aménagement de génie rural. Les cultures intensives sont celles traditionnelles de blé, riz, maïs, coton, cultures maraichères. Ailleurs elles se limitent aux abords plus ou moins proches des villages où l'eau est rare. Des aménagements de ces sols et de ceux des caissons 15 et 18 ont été également effectués dans la vallée de l'Helmand Rod entre Lakargah et Darwésan et, plus au S, en direction de Bagat où l'office américain qui s'occupait initialement de l'aménagement de cette vallée s'est heurté au difficile problème de la salinisation et du drainage dans un contexte général très salin. Dans le Séistan (Zaranj, Cakhansur, Laso Jowayn) les sols nus, pratiquement sans végétation, sont soumis à une déflation éolienne importante. Rien ne subsiste de l'ancien système d'irrigation, sinon des vestiges de canaux, détruit lors du passage des armées de TIMUR LANG (14^e siècle) et non reconstruit, ce qui a fortement aidé à la désertification d'une région autrefois très fertile ainsi qu'en atteste la multitude et l'étendue des villages ou des villes fortifiées aujourd'hui détruits.

Classification.

- Sols peu évolués
 - Non climatiques
 - D'apport
 - Régosoliques
 - Intergrades vers les sols salés
- Sols sodiques
 - A structure non dégradée (plus rarement dégradée)
 - Sols salins
 - A croûte ou efflorescences salines

CAISSON 20. VARIANTE. SOLS PEU EVOLUES D'APPORT ET SOLS HYDRO-MORPHES MINERAUX A PSEUDO-GLEY, SOUVENT SALINS.

Ces sols n'ont été cartographiés que sur le pourtour du lac Jéhilé Puzak et diffèrent assez peu des précédents si ce n'est par l'apparition à différentes profondeurs d'horizon à pseudo-gley plus ou moins bien distinct, horizon à taches brunâtre ou brun-rougeâtre qui se marquent sur un fond beige souvent humide. Le profil est donc de type $\text{A}_g \text{C}$ ou $\text{A}(\text{B})_g \text{C}$.

Ici encore le sol est nu, sans végétation graminéenne. La déflation éolienne y apparaît faible ou seulement très superficielle, ce qui est lié sans doute à une plus forte humidité rétentionnelle en rapport avec une position topo-

graphiquement plus basse que dans les sols précédents et, peut-être aussi, une salinité plus grande. Du fait de l'humidité, la structuration est difficile à apprécier. Les sols que nous avons vu de cette sorte, principalement entre la bordure du lac de Jéhilé Puzak et Cakhansur, étaient incultes.

Classification.

Sols hydromorphes

Minéraux (peu humifères)

A pseudo-gley

Par action de nappe

Souvent intergrades vers les sols salins

Sols salins (Classification identique à celle du caisson 19.

CAISSON 21. VARIANTE. SOLS PEU EVOLUES D'APPORT ET SOLS HYDROMORPHES MINERAUX OU ORGANIQUES A GLEY, SOUVENT SALINS.

Localisation au S du lac Jéhilé Puzak et en différents endroits de la bordure de ce lac et de celui d'Hamuné Sabéri. Ces sols occupent principalement la dépression Eskené am prolongeant vers le S le lac Jéhilé Puzak. Nous n'avons aucun renseignement hydrologique sur cette dépression vraisemblablement soumise à une inondation importante au plus fort de la crue (Mars-Avril) et sans doute encore marécageuse dans sa partie centrale pendant la période la plus sèche (Juin-Décembre). Nous n'avons seulement observé que les bordures O, N et NO de Cakhansur du fait d'une pénétration difficile car toute cette dépression est occupée par un important couvert graminéen (Andropogonées vraisemblables), haut de 150 à 200 cm. Il était partiellement coupé par les autochtones, lors de notre passage, mais de nombreuses repousses s'y développaient à la mi-Juin. En surface, en même temps que la présence de gros coquillages (Lamellibranches), se note un réseau de fentes de retrait très accusé descendant jusqu'à 25-30 cm pour une ouverture superficielle de 4 à 5 cm.

Le profil observé était de type A (B)_g C.

- A_{II} (0-25cm) .Argilo-limoneux. Brun foncé. Structure prismatique grossière se débitant en polyèdres moyens de 2 à 3 cm. Très compact. Forte cohésion des éléments structuraux. Présence de marbrures rouillé nombreuses.
- A₁₂ (25-40cm) .Identique en texture, coloration. Structure polyédrique moyenne. Compacité et cohésion plus faibles mais légèrement humide.
- (B)_g (40-80cm) .Identique, plus humide et plus massif avec taches brunâtre et rouille plus importantes et plus nombreuses.

Dans ce profil (F S et S A. Annexe 14. Profil K 40) les teneurs en carbone et azote sont relativement élevées tant en surface qu'en profondeur, ceci par rapport aux sols des Caissons 19 et 20.

Carbone : 7,79 à 7,28 %.

Azote : 1,13 à 0,98%.

Les teneurs en calcaire total sont par contre voisines de celles des sols précédents. On note cependant un léger gradient décroissant de calcaire actif (120 à 95%). Il y a peu de variation dans la répartition des éléments échangeables mis à part des teneurs en Na plus faibles. La salinité apparaît nettement plus faible avec un gradient décroissant (A_{II} : 4,92, A₁₂ : 3,79, (B)_g : 1,89 mhos/cm), avec dominance^{II} de ClNa et ¹SO₄Na₂.

En bordure directe du lac de Jéhilé Puzak, près du village d'Asnak à mi-chemin entre Laso Jowayn et Cakhan-sur, près de la limite de fluctuation des eaux, un profil classique à gley a été observé. Il portait une végétation graminéenne rase broutée par un abondant bétail. Quelques champs à proximité venaient d'être labourés en vue de prochaines cultures.

- A₁₀ (0-2 cm) .Brun sablo-limoneux. Structure fondu à particulière. Peu compact à très faible cohésion. Col-luvions de sable éolien accolé à une falaise voisine, mêlées au dépôt lacustre.
- A_{II} G. (2-50 cm) .Gris verdâtre à taches noirâtres de réduction. Limono-argileux. Humide. Massif à débit polyédrique.
- A₁₂ G C .Gris verdâtre à taches rouille très abondantes. Sablo-limoneux. Humide. Cohésion et compacité faibles.

Ce sol prélevé en 1974 a fait l'objet d'analyses qui ont été effectuées après la rédaction de l'ouvrage principal. Ces analyses ainsi que quelques autres seront données à la fin de ce texte (Profil 74-62).

Ce sol présente un alluvionnement stratifié ainsi qu'en atteste l'analyse granulométrique et la morphologie. Il est moyennement riche en matière organique et azote (C % : 8,0, 4,72, 3,02, 0,63. N % : 0,85, 0,61, 0,37, 0,15), très calcaire et à gradient décroissant avec la profondeur (32,2 à 21,3% , à pH alcalin 8,8 à 9,2. Il contient des sels solubles assez abondants qui décroissent rapidement avec la profondeur (CINa et SO_4Na_2 abondants, très abondants dans les premiers cms et extrait de saturation au 1/2 élevé). Le gypse est peu représenté (SO_4Ca , $2\text{H}_2\text{O}$ calculé à partir de S : 3,2 à 0,35%).

Un échantillon de surface, pris dans le lac un peu plus loin sous 20 cm.d'eau(Echantillon 74-630, 0-10 cm) montre une texture argilo-limoneuse, un pourcentage élevé de CO_3Ca (30,2) un pH alcalin (8,8), des sels solubles en quantité identique à celle du profil précédent.

Pour la composition des eaux qui alimentent les différents lacs (Eaux du Farah Rod, du Khash Rod, de l'Helmand Rod) et les eaux des lacs eux-mêmes, nous renvoyons à l'ouvrage de référence (F S et S A, pp 264-265), puisque celles-ci sont responsables de la salinité par remontée des sels et de la présence de bore; élément trace abondant (F S et S A ,pp.276 à 279.Voir notamment renvois I et 2 en bas de page 279). Ce bore se retrouve également en abondance dans les sols des différents caissons 19-20-23.

Classification.

Sols hydromorphes

Minéraux (peu humifères)

A gley

De profondeur variable, souvent faible

Intergrades moins marqués vers les sols salins

Sols hydromorphes

Organiques (vraisemblables par places)

Humiques à gley

A anmoor calcique

Intergrades moins marqués vers les sols salins

Sols sodiques (sur la bordure des lacs à la limite de fluctuations des eaux)

A structure non dégradée

Sols salins

A efflorescences salines

CAISSON 22. VARIANTE: PLUS OU MOINS FORTEMENT ENSABLE.

Cette unité se localise entre Zaranj et Caharburjak à l'E de la route longeant l'Helmand Rod. Une piste secondaire que nous avons empruntée, à partir de Caharburjak, pour revenir vers Zaranj, traverse la partie S.O. de la zone cartographiée. Cette piste circule sur une ligne de crête, dans sa première partie, entre des cuvettes d'effondrements très accusées (20-30..50 m de profondeur). Elle descend ensuite sur le versant N O dans un ensemble chaotique où les accolements sableux aux sédiments argileux et conglomératiques font place à des barkhanes et à des voiles sableux qui recouvrent les sols de l'unité 19, tout ceci dans un paysage toujours aussi désertique.

Il est difficile de donner une limite précise, d'après les images satellites, au domaine sableux éolien recouvrant le "dasht" ou le fond lacustre.

CAISSON 23. CUVETTES D'EFFONDREMENT DU "DASHT" LIEES A LA DISSOLUTION DES SELS SOUVENT LE LONG DE LIGNES DE FRACTURE. SOLS EN TOPOSEQUENCE PASSANT DE SOLS GYPSO-SALINS SUR PENTE FORTE ET BAS DE PENTE, ET A DES SOLS SALINS ET GYPSEUX DANS LE FOND DE DEPRESSIONS SOUVENT ENSABLEES

Ces sols occupent des cuvettes qui se localisent à l'intérieur du "dasht" et sont d'étendue et de profondeur variable. Dans la partie E de la carte à 1/500.000, elles sont souvent peu marquées et à peine visibles par suite d'ensablement ou de comblements colluviaux. Elles s'accusent principalement dans le voisinage des grands lacs actuels où elles peuvent occuper des surfaces de 5 10 km² qui s'encaissent dans le "dasht", de 10-20 ... 50 m de profondeur, par de véritables falaises en un ou plusieurs paliers, suivant l'importance de la dénivellation, identiques à ceux de la dépression du Gawdézéreh. De telles dépressions s'observent notamment sur la rive N et N E du lac Hamuné Sabéri. Les fonds de ces cuvettes sont alors occupés par des sols salins du type caissons 19-20 mais une végétation herbacée bien verte s'y développe par touffes ou plages ce qui semble indiquer la présence de sols peu évolués ou hydromorphes moins salins, sur matériaux identiques mais à pseudo-gley ou gley (?). Certaines de ces dépressions donnent l'impression de se trouver plus basses que le niveau actuel du lac.

Un second type de dépressions très fréquent est celui observé au N de Laso Jowayn ainsi qu'en quelques endroits entre Rodbar et Deshu (Rive gauche de l'Helmand Rod).

12 km au N de Laso Jowayn (Altitude 500 m), après avoir passé la falaise qui borde la dépression de cette ville, s'observe dans le "dasht" plan, caillouteux

(Altitude 530 m), une petite dépression de moindre importance que celles citées plus haut, mais quand même de plusieurs km². Sur sa bordure en pente douce ravinée se voit du gypse très abondant, en très épaisse cristallisation sous un cailloutis roulé, plus ou moins cassé de 2 à 3 cm de diamètre. A la surface du sol se dessinent des sols polygonaux à fentes en coin que nous décrirons plus après. La dépression fait de 6 à 8 m de profondeur. En bas de pente s'observent, sur 20 à 30 cm des sables gypseux ocre et blancs en lignes parallèles de 1 à 2 cm d'épaisseur qui reposent sur des cristallisations de ClNa en blocs compacts, massifs à débit polyédrique. Le centre de la dépression est occupé par un sol nu donnant l'apparence d'un fond de lac salé asséché identique aux rivages des lacs de Jéhilé Puzak, Hamuné Sabéri et de la dépression du Gawdézeréh.

Ce profil 75-23 présentait le profil suivant :

- A_{II} . Couleur brune. Limoneux à limono-argileux. Structure cubique, légèrement lamellaire. Compact.
(0-4cm) Cohésion assez forte. Forte porosité vésiculaire.
- A₁₂ . En surface, petits polygones réguliers de 10 à 15 cm de diamètre sur une épaisseur de 4 cm.
(4-10cm)
- (B)_{II} . Identique Polyédrique fin. Plus meublé. Très structuré. Brun rouge (légèrement rougeâtre). Limono-argileux à argilo-limoneux. Très structuré, en gros polyèdres de 10 à 15 cm. Très compact. Forte cohésion. Un peu plus sableux à partir de 40 cm et plus friable. Frais.
(10-50cm)
- (B)₁₂ Stratification sableuse à nombreux points salins. Friable à pulverulent. Présence également de fines cristallisations gypseuses.
(50-80cm)
- (B)₁₃ C . Brun. Plus argileux. Finement structuré en petits polyèdres mais massif. Compacité moyenne à faible. Quelques points salins. A partir de 120 cm, structure polyédrique moyenne. Quelques cailloux plus ou moins anguleux.
80-140cm

Aucune végétation superficielle. Inondé au printemps sous 1m d'eau, aux dires des autchotones. Ce sol salin observé en novembre 1975 n'a pas fait l'objet d'analyses. Il s'apparente à ceux précédemment décrits (F S et S A, pp. 146 à 148. Annexe 15. Sols sodiques : profils K 42, 43).

Une seconde fosse d'effondrement, située un peu plus loin, est par contre ceinturée par de petits abruptes de 5 à 6 m et présente sur sa bordure de nombreuses buttes témoins au profil classique que nous retrouverons sur le "dasht" :

- Cailloutis conglomératique à léger encroûtement gypseux.
- Niveau gypseux, gypso-salin.
- Argile saline hydromorphe très dure, très compacte dès 2 m.

La dépression en contre bas est superficiellement à fin cailloutis avec par places des taches de sols salins nus identiques au profil précédent. Dans les deux cas, comme en d'autres très nombreux, il s'agit de cuvettes d'effondrement en cours de comblement.

Les très petites cuvettes que l'on observe dans la partie E du "dasht" Margo présentent des profils différents de ceux du "dasht" (voir en fin de texte l'analyse du profil 74-18 donné au caisson 24).

Classification :

Les sols de cette toposéquence appartiennent à différentes unités auxquelles nous renvoyons.

- "Dasht" plan de la haute surface (caisson 24).
- Pente fortement ravinée (caisson 27).
- Fond de cuvette (caisson 19).

CAISSON 24. SURFACES ANCIENNES CAILLOUTEUSES OU CONGLOMERATIQUES DU "DASHT". PLUSIEURS SURFACES PEUVENT ETRE ICI CONFONDUES. SOLS CALCIMAGNESIQUES A ACCUMULATION GYPSEUSE ET A HALOMORPHIE PLUS OU MOINS ACCUSEE.

Les sols de cette unité et leurs variantes (caissons 25 à 33) couvrent une grande partie de la carte à 1/500.000 et leur superficie peut être évaluée approximativement à la moitié de celle-ci. Le terme de "dasht" qui signifie désert ou surface désertique s'applique dans ce texte à une formation superficielle qui constitue de grandes surfaces très planes, caillouteuses et nues, à végétation herbacée rase et clairsemée. Elles s'apparentent morphologiquement aux regs africains. Ces surfaces sont entaillées plus ou moins profondément par les cours d'eau lors de leur recherche de nouveaux profils d'équilibre tandis que le ou les lacs initiaux réduisaient leurs étendues tout en s'encaissant dans les fosses d'effondrement où se situent les lacs résiduels actuels. On conçoit donc que plusieurs surfaces de ces "dasht", d'époque plus ou moins récente, aient pu exister. Ceci est d'autant plus probable que des lignes de fractures indiquées sur la carte à 1/500.000 et visibles sur les images satellites marquent une succession d'effondrements parallèlement aux grands cours d'eau. Les plus spectaculaires sont celles qui affectent, sur sa rive droite, la vallée de l'Helmand Rod et qui ont été prises initialement pour

d'anciennes terrasses. Ce fleuve, rejeté progressivement vers l'E, a fini par occuper tardivement sa position actuelle alors que par un lit primitif il devait rejoindre les lacs actuels au S de Cakhansur (F S et S A figure 27, p. 118). Ces différents paliers du "dasht", en cette région, se présentent actuellement en un relief ondulé descendant par des marches successives de 10 à 15 m vers la vallée actuelle bordée par un conglomérat à très important encroûtement calcaire.

Les sols du "dasht" sont relativement homogène du fait d'une dominance gypseuse et saline initiale qui a uniformisé les différentes surfaces à la suite du lessivage progressif et continu des différents sels. Seuls lors de ruptures de pente plus accusées, se notent des accumulations gypseuses et salines plus importantes.

Les autres cours d'eau : Khash Rod, Farah Rod, Arghandab Rod..., ont subi des vicissitudes identiques, déplaçant leurs cours d'O en E.

Les profils sont relativement homogènes de type A B_{cs}C, cas le plus fréquent, et en certains endroits (S de Kandahar A B_{Ca} B_{cs} C). Tous ces profils sont observés sur des roches mères caillouteuses. Il s'agit de conglomérat fluvio-glaciaire épandu largement sur des vastes surfaces. La proportion du matériau graveleux atteint 50 à 70% en volume.

Nous décrirons le type le plus courant, en renvoyant pour celui de Kandahar à l'étude précédente (F S et S A, p. 149).

Il s'agit là d'un profil moyen et composite.

- A . gris-beige, beige, beige-rougeâtre. Sablo-limoneux, limoneux. Lamellaire sur les 2 à 3 cm supérieurs puis en fonction de la texture, structure fondue à polyédrique fine à moyenne plus ou moins affirmée. Compacité et cohésion moyennes à faibles en général. Epaisseur 10 à 15 cm.
- B_{cs} C . Coloration identique ou plus blanchâtre. Texture identique. L'accumulation gypseuse s'observe sous forme lamellaire puis en fins polyèdres très friables pour se terminer par un mélange intime et particulière avec le sédiment sous-jacent et l'apparition de "barbes" gypseuses friables à la base des galets du conglomérat. Compacité et cohésion très faibles.

Ces sols à dominance conglomératique par un abondant cailloutis qu'accompagne très peu de terre limoneuse interstitielle. Ils sont pauvres en matière organique et

azote. Les pH vont de 8 à 9. Les teneurs en CO_3Ca sont variables. Les teneurs en gypse souvent élevées pouvant atteindre 50 à 60% dans les horizons de surface et de faible profondeur. Ces teneurs décroissent en profondeur. Le complexe absorbant est saturé en Ca et Mg, K à des valeurs moyennes. Na est le plus souvent inférieur à 1 me % après extraction des sels solubles. Les sels solubles sont abondants dans les horizons de surface où domine Cl Na et diminuent en profondeur en même temps qu'augmente la teneur en gypse et que les sulfates de Na croissent. (F S et S A, pp. 150-151).

Classification.

Sols calcimagnésiques

Sols gypseux

en amas friables ou début d'encroûtement

A halomorphie plus ou moins accusée

Dans ces parties ainsi cartographiées ont été observées dès 1974 sur la piste menant de Laskargah à Khannesin des SOLS POLYGONAUX FOSSILES présentant un réseau de fentes en coin profond de 20 à 25 cm, comblé par des sables fins.

Sur le trajet Deshu-Rodbar, effectué avec J.P. CARBONNEL en 1975, ces mêmes sols ont été retrouvés mais le réseau était nettement plus accusé. En fait deux réseaux paraissaient se superposer.

- Un premier dont les fentes descendaient jusqu'à 60 cm de profondeur pour une ouverture de 20 cm dans la partie supérieure. Ces fentes étaient remplies de sable limoneux rougeâtre et meuble. Entre celles-ci, le sol compact et structuré était constitué par un limon caillouteux dont les galets pouvaient atteindre 5 à 10 cm de diamètre. La partie interstitielle entre les galets étaient marquée par d'abondantes cristallisations gypseuses et salines en amas blanchâtres peu consolidés. Certains galets éclatés sous l'action du gel, lors des périodes froides, étaient recimentés par un concrétionnement gypseux ou gypso-calcaire. Les mailles de ce système polygonal atteignaient environ 1,5 à 2 m de diamètre et étaient masquées par des dépôts sédimentaires allant de quelques cm à 10-15 cm :
- un sable limoneux rougeâtre identique à celui remplissant les fentes en coin auquel succède, par places, un sable grisâtre à gris-blanc, légèrement compacté et à débit cubique. Il pourrait, ici encore, s'agir d'un sable identique à celui des fentes en coin mais très lessivé par un ruissellement important ;

- un cailloutis conglomératique superficiel. Ce cailloutis peut être ici encore le résultat d'une érosion éolienne importante qui en enlevant les éléments fins a laissé en surface les parties les plus grossières.
- le second réseau visible en surface, lorsque le cailloutis conglomératique superficiel est dégagé, est plus modeste, à mailles de 40 à 70 cm de diamètre. Les fentes de 2 à 5 cm de large ne paraissent affecter que la sédimentation sableuse supérieure grisâtre.

Aucun âge précis n'a encore été donné à ces sols polygonaux fossiles dont le plus ancien (1er réseau) est peut-être contemporain de la dernière pulsation Wurn (19.000 à 16.000 ans BP). Ces sols s'observent sous un climat actuel semi-désertique à désertique (Pluviométrie : 141 mm à Kandahar ; 33 mm à Zaranj. Température moyenne annuelle : 19°3 à 20°6 pour ces deux villes). Ils évoquent un climat très froid à température moyenne annuelle oscillant, par comparaison avec celles des régions où ils se forment actuellement autour de -12° à -6° (Groenland). Ils couvrent des étendues considérables à des altitudes comprises entre 800 et 600 m, là où nous les avons observés.

Le réseau polygonal paraît avoir précédé ou bien s'être surimposé à une pédogénèse initialement gypso-saline qui a continué à se développer après sa formation (galets éclatés sous l'action du gel et ressoudés ensuite par des dépôts gypseux ou gypso-calcaires).

Nous donnons à titre d'exemple l'analyse de deux de ces sols (Profils 74-7 et 17 en annexe à cet ouvrage). On notera outre la forte concentration en gypse, les pH élevés, les teneurs en sels (Sulfate et chlorure de Na). Toutes ces valeurs sont peu différentes de celles des mêmes sols du "dasht" mais non polygonaux.

La PEDOGENESE ACTUELLE qui se développe sur ces "dasht" peut-être observée dans les petites cuvettes de sédimentation qui sont nombreuses et que nous avons déjà évoquée (caisson 23). Mais dans ces minuscules cuvettes souvent ensablées la topographie est relativement peu accusée.

Sous un mélange de sable et cailloutis de 10 cm d'épaisseur s'observe (Profil 74-18. Voir annexe fin d'ouvrage) :

A_{II} . Gris-brun. Cubique. Compact. Cohésion forte.
(0-5cm) Limono-argileux. Forte porosité.

- (B) . Brun-rouge. Sablo-argileux. Massif. Très compact.
 Ca Cohésion plus faible. Débit en polyèdres moyens.
 (5-60cm) Tâches calcaires assez abondantes.

C
 (60 cm..) Très caillouteux mais pas de gypse.

A noter dans ce profil, contenant peu d'éléments grossiers sauf superficiellement, des teneurs très moyennes en CO_3Ca malgré la présence de tâches abondantes, de pH élevés mais relativement peu de sels solubles sous forme de Na. Nous retrouvons l' une pédogénèse de type calcimorphe, identique à celle observée sur colluvions près des massifs montagneux et ceci malgré un environnement de sols gypso-salins. Par contre nous noterons l'absence de structuration polyédrique fine qui caractérise les sols bruns calcaires du Caisson 2. Nous pencherions plutôt à classer ces sols de la façon suivante :

Sols à différenciation calcaire

Peu différenciés

à points ou très rares et très petits amas calcaires à horizon pallide.

Cet exemple est un terme ultime de ces cuvettes du "dasht" mais à l'inverse de celles du caisson 23 elles sont situées dans un relief très peu accusé, subhorizontal.

Nous signalerons pour terminer des sols peu évolués uniformément limoneux et non conglomératiques qui s'observent par places au milieu du "dasht" et jouxtent des sols gypso-salins conglomératiques classiques (Profil 74-85 en annexe ci-jointe). Ils présentent comme ces derniers des horizons superficiels salins.

CAISSON 25. VARIANTE : PLUS OU MOINS FORTEMENT ENSABLEES.

Peu représenté sur la carte, sauf au S de Zaranj. D'une façon générale cette unité aurait pu être confondue avec le caisson 28, bien que ce dernier soit nettement plus accidenté. Il s'agit de voiles sableux ou de barkhanes qui recouvrent l'étendue plane précédente mais qui est en fait toujours relativement accidentée. De plus l'imagerie satellite ne permet pas toujours de séparer la partie revenant au caisson 25 de celle du caisson 22.

CAISSON 26. VARIANTE : A FAIBLE EROSION

D'une façon générale cette unité s'observe, en début de rupture de pentes, en de très nombreux endroits :

- d'une manière presque continue le long des deux rives de l'Helmand Rod ;

- à l'E du lac de Jéhilé Puzak ;
- sur le pourtour de toutes les dépressions que l'on observe à l'intérieur du "dasht" lui-même.

En même temps que le relief se vallonne l'érosion apparaît plus importante. Les sols sont superficiellement brun-rouge à tâches ou points calcaires, sablo-limoneux, et alternent avec des sols limono-sableux à cailloutis et à tâches blanches gypseuses qui reposent sur un cailloutis conglomératique roulé de 1 - 2 5 cm, à "barbe" gypseuse, ou parfois sur des sables fins micacés, lités et hydromorphes.

Une ligne de fosses pédologiques a été ainsi observée entre Laskargah et Deshu sur le tracé qui devait emprunter la voie de chemin de fer reliant au Pakistan.

Dans les parties les plus accidentées, en fond de cuvette, on note de très gros galets roulés pouvant atteindre 20 à 30 cm de diamètre et à "barbe" gypseuse, en même temps que des ensablements éoliens fréquents.

En fait, une très grande anarchie règne dans ce domaine qui apparaît sur ce parcours moins homogène que le "dasht" plan, ceci étant lié au fait que l'érosion recoupe une stratigraphie complexe mais où la dominante gypseuse, gypso-saline ou superficiellement calcaire par points et tâches paraît constante.

Le paysage devient très chaotique au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'Helmand Rod.

Pour les cuvettes intérieures du "dasht", nous renvoyons à l'unité 23.

Sur le pourtour du lac Jéhilé Puzak, la stratigraphie différente n'offre plus le fond sableux précédent mais l'érosion met à jour des argiles salines surmontées par un cailloutis conglomératique gypso-salin (cf. Caisson 29).

CAISSON 27. VARIANTE : A FORTE EROSION AVEC DEPRESSIONS LACUSTRES DANS LES FONDS.

Cette unité qui apparaît sur de fortes pentes est relativement plus homogène par ses formations superficielles, elle le doit à un abondant encroûtement gypso-salin ; parfois gypso-calcaire qui arrive à former le long de l'Helmand Rod une véritable terrasse à partir de Darwésan sur la rive gauche et de Bagat sur la rive droite. Il remplace alors le conglomérat calcaire très massif qui bordait jusqu'alors les deux rives du fleuve. Cet encroûtement est toujours friable, constitué par des "barbes" gypseuses accumulées à la base des galets et soudées entre elles. Du fait de la friabilité du matériau

l'érosion attaque par de nombreuses ravines.

Le profil 74-17', prélevé à l'E de Khannesin, le long de l'Helmand Rod présente la succession suivante (Annexe en fin de texte) :

- A_{cs} . Cailloutis conglomératique de 2 à 5 cm, à "barbe" gypseuse, formant un ensemble encroûté mais friable.
(0-50cm)
- B_{cs} . Sablo-limoneux fin, à encroûtement moins net. Très compact. Massif à débit en polyèdres. Compacité décroissante avec la profondeur où le sol devient plus meuble. Léger litage.
(50-110cm)
- B C . Sable fin compacté à cristaux de gypse.
cs
(110-130cm)

Ce sol présente un gradient gypseux fortement décroissant avec la profondeur (41,4 à 10,4%) et est très salin, à Cl Na dominant et SO₄ Na₂. Les pH sont naturellement élevés : 8,3 à 9.

Une analyse de l'eau de la nappe prélevée en contre bas de cette terrasse gypso-saline a révélé les plus fortes salinités trouvées en cette partie d'Afghanistan et les plus fortes teneurs en bore (F S et S A, p. 279, renvoi I).

Ce type d'encroûtement est à rapprocher de ceux observés dans les bordures des cuvettes salines qui s'observent dans le "dasht" (caisson 23).

Classification.

- Sols calcimagnésiques
- Sols gypseux
 - A fort encroûtement friable
 - A halomorphie plus ou moins accusée
 - Généralement sur conglomérat

CAISSON 28. IDENTIQUE A 27 PLUS OU MOINS FORTEMENT ENSABLEES.

Ce caisson est souvent une variante du précédent mais marqué par un voile sableux éolien ou des champs de barkhanes qui se développent sur un relief très accidenté constitué par les deux unités précédentes. Ces sables éoliens masquent ou atténuent le relief qui devient plus ondulé mais souvent d'un parcours très difficile même en véhicule tout terrain.

Ce type morphologique s'observe principalement au S du massif de Khannesin en direction du Kohé Arbu.

CAISSON 29. VARIANTE : A TRES FORTE EROSION SOUVENT LE LONG ET EN CONTREBAS DES LIGNES DE FRACTURE.

Ce caisson se voit principalement en bordure de rupture de pente brutale que l'on peut assimiler à des accidents tectoniques majeurs. Le site morphologique se présente en une suite de paliers très accusés de 10 à 20 m de dénivellation et plus chacun (Bordure du Gawdézéreh et de celle du lac de Jéhilé Puzak vers l'E. Falaise au N de Laso Jowayn sur la route reliant cette ville à Farah...) C'est surtout dans ces parties qui se voient, et sur des épaisseurs importantes les sédimentations successives dans ces dépôts fluvio-lacustres. On trouve de la surface vers la profondeur :

- une phase, la plus récente, appelée unité morphologique C (F S et S A, pp. 119-132). Elle est marquée :
 - par un conglomérat moyennement grossier (1 à 5 cm) à encroûtement gypseux d'épaisseur variable (1 m à 1,5 m, mais parfois inexistant) ;
 - par un limon-argileux hydromorphe, salin, feuilleté, d'épaisseur variable 1 à 10 m, parfois plus ;
- une phase à dominance calcaire et limoneuse, de couleur blanche à gris-blanc. Elle est intercalée de veinules litées roses ou de sables beige, "poivre et sel", gris-verdâtre. Epaisseur 10 à 15m. Unité morphologique B ;
- une dernière phase (A), limono-argileuse, jaunâtre, très hydromorphe et très saline. Fortement consolidée. Cette phase a surtout été vue en descendant du plateau vers le lac de Jéhilé Puzak, au S E de Laso Jowayn.

On voit donc que le caisson 29, en fonction d'une intense érosion, peut présenter les niveaux les plus divers car ceux-ci, mis à part les intercalations sableuses de l'unité morphologique B, sont toujours fortement consolidés soit par de fortes imprégnations calcaires (limons de B), ou salines (filonnets salins très durs) dans les phases C et A. Une couverture conglomératique colluviale protège de plus fréquemment chacune de ces différentes surfaces remises à jour.

CAISSON 30. VARIANTE : AVEC DE MULTIPLES PETITES DEPRES-
SIONS LACUSTRES.

Cette unité est une variante de l'unité principale (caisson 24) mais où s'observent une multitude de petites dépressions subhorizontales ou de cuvettes d'effondrement présentant le type classique (caisson 23), mais dans un relief relativement moins accusé.

Ce caisson s'observe dans le "dasht" Margo où il forme des bandes NO-SE ou SO-NE. On le trouve également de part et d'autre de l'Helmand Rod à partir de Rodbar.

CAISSON 31. VARIANTE : A MULTIPLES PETITES DEPRESSIONS PEU
MARQUEES ET A LEGER ENSABLEMENT.

Il s'agit là d'une variante de l'unité 30. Dans un relief subhorizontal s'observent principalement des sols qui se développent en de très petites cuvettes de sédimentation (Cf. Caisson 24. Profil 74-18), d'ailleurs souvent faiblement ensablées et où se réfugie une végétation graminéenne plus dense, parfois en touffes déchaussées. Ce caisson forme une tâche importante entre Laskargah et Deshu, sur la piste reliant ces deux localités.

CAISSON 32. "DASHT" PRIMITIVEMENT ERODE ET RECOUVERT EN-
SUITE PAR DES APPORTS ALLUVIAUX RECENTS DE
TEXTURE DIVERSE SOUVENT GROSSIERE.

Ce caisson qui se voit principalement le long du cours du Khash Rod se situe en contrebas de l'unité 17 dont il est coupé, par endroits, par une falaise de 10 à 30 m de hauteur. Cette dernière unité, recouverte par des dépôts alluviaux plus ou moins grossiers en provenance des massifs, est elle-même constituée par un fond analogue à celui du "dasht" (caisson 24). Ce dernier va former les dernières buttes témoins qui s'étirent d'E en O au N et N O de Lokhi (caisson 27). Le caisson 32 apparaît donc très complexe (voir également le caisson 13) formé de plusieurs surfaces successives (F S et S A, figure 28, p. 120. Coupes schématiques dans la vallée du Khash Rod) :

- S₁ . "Dasht" en sol gypso-salin à couverture conglomératique meuble, recouvert par des apports alluviaux diversement grossiers au voisinage des massifs et très encroûté par le calcaire en bordure directe du fleuve (Terrasse T_I).
- S₂ . Surface d'érosion à couverture graveleuse meuble, en sol également gypso-salin, mais avec nombreuses buttes témoins, hautes de 5 à 10 m, qui sont constituées par des

argiles salines (Unité morphologique A) couronnées par un conglomérat gypso-calcaire relativement friable qui prolonge la terrasse T_2 à encroûtement calcaire massif (1).

- S_3 . Une surface peu développée dans cette partie du parcours. Elle est constituée par des alluvions grossières puis, en bordure proche du fleuve, par des alluvions limono-argileuses. C'est alors la zone de culture (Terrasse T_3).

Ce caisson 32 peut être considéré comme l'équivalent du 33. Il représenterait un ancien delta ou un cône de déjection du Khash Rod après que celui-ci, ayant changé de cours est démantelé l'ancien "dasht" (F S et S A. Figure 27, p.118). L'âge du démantèlement et de l'épandage de ce caisson 32 serait alors celui du caisson 33 (2), delta fossile présumé du Farah Rod.

CAISSON 33. VARIANTE : DELTA FOSSILE PRESUME DU KHASH ROD.

Il s'agit en fait d'un vaste cône d'épandage dont la pointe N débute au S de Farah et dont les pointes du triangle, au S O et S E, se situent au N des lacs Hamuné Sabéri et Jéhilé Puzak. Le "dasht" paraît avoir été ici nivellé par d'importants passages d'eau qui ont déposé sur sa surface arasée, un cailloutis superficiel très abondant (1-5 ... 10 cm de diamètre).

Des dépressions relativement importantes, observées sur un parcours au N O de Laso Jowayn, permettent de voir en coupe les sédiments. Sous le conglomérat superficiel se notent successivement :

- Sol gypseux dans un sédiment conglomératique épais de 1 m. L'accumulation gypseuse, meuble, décroît en profondeur ;

-
- (1) Ces buttes sont parfois surmontées par un encroûtement limoneux à limono-argileux blanc, très calcaire, qui a été également retrouvé au voisinage des massifs sur de grandes surfaces et dont l'âge s'échelonne entre 34.300 ± 1900 et 25.850 ± 830 (1ère période d'accumulation calcaire) mais principalement vers 30.000 ans BP (voir également caisson 13).
 - (2) Le démantèlement de cette surface S_2 serait plus récent que cette première phase d'accumulation calcaire. Renvoi (1) ci-dessus. Peut-être entre 16.000 et 9.000 ans BP, période de déglaciation intense accompagnée de ruissellement et d'érosion importants dans la partie amont, de dépôts dans la partie aval représentée par les fonds lacustres (voir Caisson 43).

- Conglomérat identique mais pratiquement sans gypse, sur 1,5 m ;
- Argiles hydromorphes en fins polyèdres ou plaquettes sur 2,5 m (Unité morphologique C) ;
- Sables "poivre et sel", plus fins que ceux observés dans les coupes du Khash Rod au N de Lokhi. Cimentés à la base (Unité morphologique B).
- Cailloutis roulé sur 50 cm (diamètre 1 cm), plus ou moins cimenté par le calcaire ;
- Argile saline : 4 à 5 m (Unité morphologique A).

Dans ce profil l'unité sédimentologique B, dans son faciès très calcaire, apparaît peu étoffée alors qu'on la retrouve en abondants affleurements dans le cours de Farah Rod entre Laso Jowayn et Farah et sur la bordure du lac de Jéhilé Puzak.

Nous avons également observé sur ce parcours des sols peu évolués ou salins qui marquent des passages topographiquement plus bas dans le "dasht" caillouteux mais la dominance revient à ce dernier. D'une façon plus générale nous pouvons dire que des sols gypseux et salins se développent sur un cailloutis conglomératique épais de 100 à 150 cm. Ils reposent sur des argiles salines hydromorphes (Unité morphologique C) et forment l'essentiel de cette zone d'épandage deltaïque. Les courants qui ont amené cet épandage caillouteux paraissent avoir été moindres que ceux qui ce sont développés dans le caisson 32 précédent où les buttes témoins nombreuses attestent d'un découpage intense de l'ancienne surface alors que le caisson 33 le rabotage est demeuré superficiel affectant cependant l'unité sédimentologique B, pourtant fortement consolidée par le calcaire.

Les sols de ce caisson sont naturellement incultes et le domaine de maigres pâturages.

Nous signalerons également sur un autre parcours effectué au S de Farah, des sols gypseux très meubles, se développant dans des limons caillouteux. Ces sols, très peu consistants, interdisaient tout arrêt du véhicule sous peine de ne pouvoir repartir.

CAISSON 34. "DASHT" PLAN, DIVERSEMENT GRAVELEUX EN SURFACE.
SOLS A DIFFERENCIATION CALCAIRE A ENCROUTEMENT
PLUS OU MOINS PRONONCE DE PROFONDEUR. SOLS CAL-
CIMAGNESIQUES GYPSO-SALINS.

Les sols de ce caisson ont été vus principalement dans la région de Maywand ainsi qu'au N et à l'E de Geresk et au S et S E de Laskargah. Ils sont la conséquence d'une pédogenèse qui s'est développée sur des sédiments apportés par l'Helmand Rod, l'Arghadab Rod et qui proviennent de tout l'arrière pays montagneux constitué de roches calcaires (Cf. Caisson I et carte géologique allemande à 1/500.000). Ici encore l'observation pédologique et sédimentologique a été favorisée par la présence de fosses creusées pour l'implantation de la ligne électrifiée reliant le barrage de Kajakay à Kandahar et à Laskargah, et dans cette dernière région par le creusement en cours de canaux de drainage et d'irrigation dans un périmètre de mise en valeur agricole. Pour faciliter la compréhension stratigraphique complexe nous donnerons la coupe d'un puits de 37m. creusé dans un "dasht" plan au N E de Geresk. Ce puits devait servir à l'irrigation d'une surface de culture en cours de défrichement.

- Sol brun à brun-rougeâtre, à taches calcaires, superficiellement limoneux, beige, fondu, sur 40 cm, puis légèrement caillouteux (40 à 80cm).
- Limoneux très calcaire, beige-blanchâtre, compact à débit polyédrique moyen à fort. Epaisseur 280 à 300 cm.
- Gravier roulés (1 à 3cm), à gangue limono-argileuse hydromorphe. Epaisseur 2m.
- Conglomérat très grossier, plus ou moins cimenté par le calcaire se prenant progressivement en masse. Epaisseur 3m.
- Conglomérat identique fortement cimenté par le calcaire. Epaisseur 3m.
- Sable blanc et noir ("poivre et sel"), compacté. Epaisseur non déterminée.
- Conglomérat également grossier (5 à 10cm), non soudé par le calcaire au niveau de la nappe.

Cette coupe sera valable pour expliquer partiellement l'hétérogénéité des caissons 35-36-37-38.

Au N de Maywand (Keskenakhud), en suivant la ligne des fosses profondes en moyenne de 3,5 à 4m, creusées pour l'électrification, le sol brun-rouge calcaire par taches ou points est le plus souvent dominant et repose vers 100 à 120cm sur un encroûtement blanc limoneux jusqu'au fond des profils. Des variantes nombreuses existent en fonction de la topographie locale:

- affleurements de calcaire blanc limoneux, ou très près de la surface, sur les bosses du relief;
- sable grossier ou petit cailloutis (< 1 cm) gris-blanc, cimenté par le calcaire, sous le sol brun-rouge à taches calcaires et précédant le niveau limoneux blanc et calcaire;

- sable gris-blanc, très cimenté et salin par de fines veinules grisâtres sous le calcaire limoneux blanc;
- gypse et niveau gypso-salin s'intercalant entre le sol brun-rouge à taches et le niveau calcaire limoneux blanc. Ceci sur les parties en légère élévation et sur pente.

Au voisinage des massifs montagneux du N, le gypse peut-être en très gros cristaux dans un ensemble caillouteux assez grossier alors qu'entre 2,5 et 3,5m (fond des fosses) s'observe un conglomérat calcaire très dur.

Des sables très graveleux ou des galets conglomératiques, meuble gris-beige sur 120 cm, se voient dans le lit des cours d'eau. Ils reposent sur un calcaire blanc, très dur, caillouteux ou à sable grossier intercalé de passages à faciès plus fins et légèrement hydromorphes.

Ces divers exemples montrent l'extrême diversité des profils avec cependant une dominante de sols plus ou moins évolués brun-rouge, à taches calcaires reposant sur un encroûtement limoneux blanc, avec intercalations possibles de niveaux gypseux ou gypso-salins.

La surface du sol est toujours recouverte par un cailloutis roulé à patine noirâtre.

Toutes ces variantes sont dues à la proximité des massifs, à une stratigraphie primitive complexe et à des phénomènes de colluvionnement ayant repris l'une ou l'autre des alternances sédimentaires originelles.

Les argiles salines que l'on retrouve principalement sur le parcours Laskargah -Kajakay, à partir de l'embranchement de la route Hérat-Kandahar, s'observent également en une cuvette partiellement cultivée au N O de Maywand (Keskenakhud).

A Laskargah, le long d'un canal en cours de creusement, nous retrouverons le sol brun-rouge mais à taches calcaires blanches plus abondantes qui se développe dans un limon pulvérulent (0 à 7cm), puis fondu (7 à 60cm) et alors frais à humide. En dessous l'on passe à un niveau conglomératique (galets de 2 à 5 cm), à gangue limono-argileuse brun-rouge (60 à 80 cm), puis à des sables interstratifiés de passages limoneux également brun-rouge. Le niveau conglomératique est plus fortement cimenté par endroits mais jamais très massif. Il s'agit plutôt d'une boue calcaire localisée entre les galets. Le fond vers 2 m à 2,5 m est très humide avec des suintements de nappe. Des taches de sols salins, à nappe proche de la surface, s'observent par endroits.

Tous ces sols sont relativement proches des sols de glaciais (Caisson 4) dont ils diffèrent cependant par l'absence de sols peu évolués sur matériaux colluviaux en provenance directe des massifs

mais les sédimentations inférieures (encroûtements calcaires sur matériaux conglomératiques ou lomoneux) sont sensiblement identiques. Ils sont également nus ou à végétation graminéenne plus ou moins rase et clairsemée et ne portent que quelques rares cultures, principalement dans le périmètre de mise en valeur de Laskargah.

Classification.

Identique à celle du caisson 24 "PEDOGENESE ACTUELLE" dans la majorité des cas.

Sols à différenciation calcaire

Peu différenciés

A points ou très rares et très petits amas calcaires

A horizon pallide.

Par contre à Laskargah la classification serait différente.

Sols hydromorphes

Minéraux (peu humifères)

à redistribution du calcaire, par action de nappe.

à taches et début d'encroûtement.

Dans le premier cas on ne tiendra pas compte de l'encroûtement limoneux blanc qui résulte d'une pédogénèse très antérieure. Si l'on tient compte de cet encroûtement calcaire et des intercalations gypseuses ou gypso-salines on aboutit à la classification de ces sols en sols calcimagnésiques, gypso-salins (A B_{Ca} B_{CS} C), déjà observés en de nombreux endroits.

Dans le second cas les sols sont très proches de ceux de l'unité II où des sols salins sont également signalés.

CAISSON 35. VARIANTE : A FAIBLE EROSION. BUTTES TEMOINS A ENCROûTEMENT CALCAIRE SUR SABLE, LIMON ...

Cette unité est différente de la précédente par un paysage plus vallonné qui laisse percevoir les formations sous jacentes en même temps que quelques rares buttes témoins montrent des formations conglomératiques très grossières (galets de 10 à 15 cm) reposant sur des sables "poivre et sel". Les vallées s'encaissent de 10 à 20 m et sont généralement bordées de conglomérats fortement cimentés par le calcaire. Des conglomérats identiques se retrouvent dans le fond de celles-ci formant une sorte de terrasse inférieure pouvant atteindre 4 à 5 m. D'une façon générale le relief mollement ondulé ne permet pas toujours de voir les sédimentations recoupées car une couverture caillouteuse (1 à 2 cm de diamètre, exceptionnellement 10 cm)

masquent généralement celles-ci. On y observe cependant des affleurements calcaires limoneux blancs. Dans les fonds des dépressions peu marquées, parfois en cultures, le sol est sablo-limoneux avec quelques graviers, à profil calcaire par tâches ou petits amas calcaires sur 150 cm. Les cours d'eau à sec en contrebas portent des terrasses limono-argileuses en sol peu évolué (Parcours Geresk-Musa Qala dans les premiers 35 km). Sur la route de Geresk-Hérat, sur 35 à 40 km, s'observe d'abord le "dasht" plan (caisson 34), puis un relief sensiblement identique à celui décrit ci-dessus. On trouve cependant de façon plus fréquente des buttes sableuses "poivre et sel" couronnées par des conglo-mérats très cimentés par le calcaire, ceci en bordure des grands cours d'eau très encaissés (Caisson 38). Sous ces sables de limons argileux ou des argiles limoneuses (1) s'observent dans les pentes abruptes des berges, tandis que sur les surfaces légèrement bosselées des affleurements de calcaires blancs limoneux, sablo-limoneux, font leur apparition.

CAISSON 36. VARIANTE : A FORTE EROSION. EN MATERIAUX DIVERS (SABLE, LIMON, LIMON-ARGILEUX, CAILLOUTIS ET CONGLOMERAT). ENCROUTEMENTS CALCAIRES FINS ET CONGLOMERATIQUES.

Cette unité a été principalement observée au N de Geresk sur la piste reliant cette localité à Nawzad. Il s'agit d'une variante très démantelée du caisson 35 où sont recoupées sans doute les mêmes sédimentations mais dans un paysage plus chaotique. Les buttes présentent en coupe, sous un conglomérat grossier de 5 à 10 cm de diamètre parfois à "barbe" gypseuse de 2 à 3 cm d'épaisseur, un sol gypseux dès 30 à 40 cm de profondeur puis du gypse en fortes cristallisations vers 80 cm. Sur les pentes très accusées, des bancs calcaires, limoneux, blancs, très compacts épais chacun de 10 à 20 cm, affleurent au milieu de formations limono-argileuses plus meubles (voir rappel (1) du caisson 35). On note également dans les coupes des calcaires blancs noduleux d'un mètre d'épaisseur, pouvant reposer sur un conglomérat plus ou moins grossier, cimenté par le calcaire et très dur (Epaisseur 1,5 à 2 m).

(1) Ces dépôts sont, peut-être, de nature identique ou un faciès des argiles salines observées à Charaw (Route Geresk-Hérat) et sur la bordure du massif se trouvant sur la rive gauche de l'Helmand Rod au N E de Geresk (caisson 6).

CAISSON 37. IDENTIQUE A 34 ALTERNANT AVEC DES DEPOTS ALLUVIAUX DIVERSEMENT GROSSIERS (SOLS PEU EVOLUES D'APPORT).

Ce caisson a été observé à l'O et au S O de Laskargah dans le périmètre d'irrigation ainsi que sur la bordure de l'Helmand Rod entre cette ville et Geresk.

Une couverture alluviale, en sol peu évolué, recouvre le "dasht" (caisson 34) qui affleure par endroits. Celui-ci paraît avoir subi une légère érosion liée à des passages d'eau anciens plus ou moins importants. Des apports relativement récents, limoneux, limono-caillouteux par fins cailloutis, épais de 40 à 100 cm et sans doute plus le recouvre. Ils étaient en cultures ou en voie d'aménagement en 1976. Dans les rejets des canaux de drainage et d'irrigations s'observent des encroûtements de limon calcaire blanc très durs en plaquettes (Observations faites au S O de Geresk et de Laskargah).

Ces parties relativement basses dans un "dasht" à relief peu accusé, pratiquement plan, drainent les eaux de nappe et de ruissellement ce qui détermine la présence de sols salins par places, sols marqués par une exsudation saline importante et une végétation halophyte caractéristique.

Ces sols portent les mêmes cultures que celles du Caisson 18 (blé, riz, maïs, coton, cultures maraichères diverses).

CAISSON 38. "DASHT" A SURFACE CONGLOMERATIQUE TRES GROS-SIERE FREQUEMMENT ENCROUTE E PAR LE CALCAIRE. SOLS MINERAUX BRUTS SUR ENCROUTEMENT CONGLOMERATIQUE. SOLS A DIFFERENCIATION CALCAIRE PLUS OU MOINS ACCUSEE.

Cette unité est le plus généralement en surélévation par rapport au caisson 34 et ses variantes (Caissons 35-36-37) lorsqu'il s'agit d'une surface conglomératique très ancienne et très grossière. Elle est alors le plus souvent fortement démantelée et peu de vestiges d'encroûtement calcaire fortement consolidé subsistent. Des buttes résiduelles de ce type ont été signalées dans le caisson 36. A l'inverse les encroûtements conglomératiques plus récents très calcaires, très durcis qui bordent les fleuves (Helmand Rod, Farah Rod, Khash Rod ...) et leurs affluents sont au niveau du "dasht" (Caissons 24 et 34) ou en contrebas de ceux-ci.

Pour donner un exemple précis nous citerons la coupe de la bordure de l'Helmand Rod à Geresk, sur sa rive gauche où les deux surfaces conglomératiques sont visibles :

- la première, la plus élevée surplombe le fleuve d'une quarantaine de mètres et est constituée par un conglomérat très grossier (10 à 20 cm de diamètre), démantelé, reposant sur des cristallisations gypseuses formant un encroûtement meuble exploité par les autochtones. L'ensemble fait environ 3 m d'épaisseur et repose sur des sables gris-blanc lités de conglomérats encroûtés en plusieurs niveaux se superposant à dépôts limoneux, limono-argileux à accumulations par tâches ou nodules calcaires.

L'ensemble de cette formation fait une trentaine de mètres d'épaisseur :

- la seconde surface conglomératique, très encroûtée par le calcaire et très dure surplombe l'Helmand Rod de 10 m environ. Cette terrasse se suit, en remontant le cours du fleuve vers le N E, pratiquement jusqu'à Kajakay mais est d'étendue limitée (une dizaine à une centaine de mètres et de fait n'a pas été cartographiée. Il en est de même des terrasses conglomératiques de ce genre bordant les différents fleuves et affluents que l'on retrouve en toutes régions.

La surface conglomératique supérieure se retrouve de façon identique en différents endroits :

- elle borde ainsi sous forme de buttes témoins un ancien cours emprunté par l'Arghandab Rod entre Geresk et Maywand (I) ;
- elle marque également d'anciens cours de l'Helmand Rod et de ses affluents du N de Geresk au S et S O de Laskargah. Des vestiges de la surface conglomératique ancienne sont également observés en différentes régions, entre Délaram et Charaw ainsi qu'au S de cette ligne. Cette surface ancienne est très démantelée grossièreté du conglomérat initial l'a protégée d'une érosion

(I) La terrasse supérieure décrite à Geresk est en fait la confluence ancienne, en ce lieu, de l'Arghandab Rod et de l'Helmand Rod. Ce premier va actuellement se jeter dans le second au S de Laskargah. La réalité est sans doute encore plus complexe, l'Helmand Rod devait couler, lors de la période ancienne, plus à l'O, son cours actuel doit correspondre à partir de Geresk au cours ancien de l'Arghandab Rod dont il a emprunté l'ancien lit.

intense qui a affecté l'ensemble des surfaces environnantes.

Classification.

- Surface conglomératique ancienne
 - Sols à différenciation calcaire
 - Moyennement à fortement différenciée
 - A encroûtement en voie de démantèlement
 - A horizon pallide
 - Sols calcimagnésiques
 - Sols gypseux
 - A encroûtement friable
 - A halomorphie plus ou moins accusée
- Surface conglomératique plus récente
 - Sols minéraux bruts
 - Non climatiques
 - D'apport
 - Lithosols (Conglomérats très fortement cimentés par le calcaire).

CAISSON 39. SECONDE SURFACE CAILLLOUTEUSE BIEN MARQUEE ET PLUS RECENTE DU "DASHT". SOLS CALCIMAGNESIQUES A ACCUMULATION GYPSEUSE ET A HALOMORPHIE PLUS OU MOINS ACCUSEE. PLUS FINEMENT GRAVELEUSE.

Cette unité a été observée en plusieurs endroits mais principalement au N O de Wuwuri, sur la piste Délaram-Cakhansur, dans le "dasht" Sésawa et dans la région de Caharburjak. Il s'agit de surfaces planes, caillouteuses, qui se situent toujours en contrebas de celles représentées par les caissons 24-26-27. Le décrochement entre les différentes surfaces ayant lieu par plusieurs paliers successifs il est difficile de donner le dénivelé exact. Disons que sur la piste empruntée au N de Wuwuri, en direction de Sultane Bakwa, la surface basse (caisson 29) se situait vers l'altitude 550 m tandis que la haute atteignait sur sa bordure S 700 m. De multiples buttes témoins de celle-ci existent sur tout le parcours. La dernière qui nous conduit au "dasht" Bakwa présentait la coupe suivante sur une vingtaine de mètres :

- Conglomérat brun-rouge, légèrement consolidé par un encroûtement gypso-calcaire. Epaisseur 1,5 m ;
- calcaire limoneux (unité stratigraphique B), hydromorphe, massif, à dentrites de manganèse (?) Epaisseur 4 m.

- faciès plus limoneux de B, en feuillets, passant en profondeur à des dépôts argilo-limoneux salins. Epaisseur 6 m.
- sable limoneux, gris, gypso-salin, en fins polyèdres avec banc limoneux calcaire de 30 à 40 cm d'épaisseur. Epaisseur 2 m.
- argile hydromorphe saline (peut être unité sédimentologique A). Epaisseur non déterminée.

La surface basse, en contrebas des paliers successifs (3 à 4), est représentée par des dépressions caillouteuses, parfois limoneuses, parsemée de multiples petites buttes témoins d'une dizaine de mètres souvent salines ou gypso-salines (Caisson 13), ou par des sols limoneux de type peu évolué (Caisson 12). L'érosion rend ces parties difficilement franchissables.

Les sols de ce caisson 39, en nous éloignant au S des décrochements précédents et des zones de passage d'eau plus ou moins fortement ravinées, se présentent sous forme gypso-saline sur fin cailloutis (1 cm de diamètre) qui reposent sur des sables fins intercalés d'argiles salines et de dépôts gypseux. Il s'agit vraisemblablement de produits de colluvionnement en provenance de la surface haute du "dasht" (Caisson 24), venus s'interstratifier là tout en masquant les vieilles sédimentations arasées.

A Caharburjak où ces sols ont été également observés grâce à une ligne de fosses creusées pour l'électrification de la région, nous voyons l'extrême diversité de l'alluvionnement sur une épaisseur de 150 à 200 cm. Les profils sont très variables. Nous donnerons deux exemples dont le premier est le plus courant :

- sols sableux, compacté, à débit en éclats, devenant plus meuble en profondeur ;
- sablo-limoneux, brun-rouge, à débit polyédrique, à fines cristallisations gypseuses. Parfois l'accumulation gypseuse se fait par bancs pouvant atteindre 20 cm d'épaisseur ;
- cailloutis conglomératique, non cimenté par le calcaire ou le gypse.

La surface du sol, ici légèrement mamelonnée, est couverte par un cailloutis conglomératique.

Dans le second exemple le sol peut-être limono-argileux par places en mélange avec un cailloutis plus ou moins grossier. L'ensemble est massif, à débit polyédrique. Un réseau de fentes de retrait se dessinent alors dans ces parties. Ces fentes de 15 à 20 cm de profondeur sont

recouvertes sur 5 à 8 cm par un apport conglomératique diversement grossier (de 1 à 5 - 10 cm de diamètre). Le fond de ce profil est constitué de sable compacté.

Ces différents sols forment la terrasse supérieure ancienne de l'Helmand Rod, terrasse qui descend en pente douce vers la terrasse actuelle en sol peu évolué limono-graveleux.

Ces sols diffèrent des caissons 24 et 34 par une grossièreté souvent moins grande des produits alluviaux ou colluviaux, avec en profondeur des sédiments plus finement graveleux ou sableux. Par suite de la nature de ces produits, ils se rangent, le plus souvent, dans la classification de la façon suivante :

Sols calcimagnésiques

Sols gypseux

A accumulations friables

A halomorphie plus ou moins accusée.

CAISSON 40. VARIANTE : AVEC ENSABLEMENT PLUS OU MOINS MAR- QUE.

Cette variante n'a pas été observée visuellement mais déduite de l'examen de l'imagerie satellite, vu son éloignement des pistes utilisables pour y accéder. Certaines zones cartographiées en ce caisson peuvent également appartenir au caisson 27 du fait des brutales dénivellations existantes ou au caisson 45 (N de Rodbar) en bordure de dépressions très ensablées.

La délimitation précise avec le fond lacustre ensablé (caisson 22) est également difficile à préciser dans cette même région.

CAISSON 41. VARIANTE : AVEC CUVETTES LACUSTRES PLUS OU MOINS NOMBREUSES.

Ce caisson a été également extrapolé à partir de l'imagerie satellite en prenant pour référence les observations qui ont été faites au S de Rodbar dans la descente vers l'étendue lacustre salée du Gawdézéreh-Sora I Hamun (Cf. caisson 19) et dans le caisson 43 où les très petites dépressions lacustres n'ont pas été cartographiées vu leur faible étendue mais où elles existent nombreuses.

Le relief est ici très accusé par une érosion intense où subsistent des buttes témoins de la seconde surface du "dasht" (Caisson 30). Les parties revenant à ce caisson se situent sur le pourtour des étendues lacustres anciennes au S et S E de Cakhansur et sur la

périphérie de l'étendue lacustre Gawdézerh - Sora I Hamun.

CAISSON 42. IDENTIQUE A 41 AVEC ENSABLEMENT PLUS OU MOINS MARQUE.

Cartographié ainsi d'après l'imagerie satellite, à l'O de la dépression du Gawdézerh. Un voile sableux masque ici une surface très érodée avec de nombreuses petites dépressions lacustres situées en contrebas d'un glacis lui-même ensablé (caisson 3). Cette unité peut fort bien être regroupée avec celle du caisson 40 en différentes parties.

CAISSON 43. DELTA FOSSILE PRESUME DU KHASH ROD. SURFACE TRES SABLEUSE AVEC NOMBREUSES BUTTES TEMOINS PLUS OU MOINS ENTERREES DE LA PREMIERE SURFACE. FORTE EROSION GENERALISEE. SOLS TRES VARIES (SOLS PEU EVOLUES D'APPORT OU D'EROSION. SOLS CALCIMAGNESIQUES A ACCUMULATION GYPSEUSE ET A HALOMORPHIE. SOLS A DIFFERENCIATION GYPSEUSE.

Un recouvrement sableux généralisé masque ici un vieux fond lacustre souvent en argiles (Unité sédimentologique A ?), tandis que les fonds des dépressions multiples portent des cuvettes salines actuelles.

Si nous schématisons sur un itinéraire N NO-S SE, allant de Laso Jowayn à l'E de Cakhansur le long du lac Jéhilé Puzak, le "dasht" Gasi (Caisson 24) formé initialement des unités sédimentologiques C B A s'abaisse progressivement vers le S, sans doute par une série de paliers, pour disparaître sous l'étendue lacustre (caisson 19), mais dans sa dernière partie apparaissent encore de petites buttes salines qui ne réapparaîtront qu'au S du cours du Khash Rod dans le delta présumé de ce cours d'eau. Ce delta pourrait être contemporain d'une extension lacustre relativement récente se situant entre 16.000 et 9.000 ans BP.

L'unité que constitue le caisson 43 est très fortement érodée, recouverte par un fin cailloutis roulé inférieur à 1 cm de diamètre qui repose sur des formations gypseuses intercalées de sables fins micacés et de niveaux graveleux stratifiés, plus ou moins cimentés par du gypse et ceci sur plusieurs mètres. Des niveaux colluviaux d'argilites bariolées s'y observent également avec des limons ou sables limoneux feuilletés et des niveaux gypso-salins massifs. Tout ceci montre une sédimentation deltaïque complexe et hétérogène dont les matériaux ont pour origine l'entourage sédimentaire plus ou moins lointain et ancien.

La dominance du matériau sableux fin a facilité l'érosion de cette unité.

Comparée à l'unité 33 (Delta présumé du Farah Rod), elle est vraisemblablement de même âge mais l'épandage paraît s'être effectué ici sur une surface plus marquée tectoniquement par des effondrements, ce qui a amené l'enfoncement ou l'ablation de l'unité sédimentologique B, très calcaire et très résistante à l'érosion que nous retrouvons sur tout le pourtour N et N E du lac Jehilé Puzak alors qu'elle ne réapparaît de façon continue, dans la vallée du Khash Rod, seulement qu'au N d'Alili et de Lokhi.

Les sols de ce caisson du fait de l'hétérogénéité de la sédimentation, de la topographie, de l'érosion sont très divers.

CAISSON 44. ENSABLEMENT NON ORGANISE OU EN BARBHANES PEU IMPORTANTES.

Cette unité existe en de nombreux endroits mais non forcément portés sur cette carte vu leur faible étendue (voir notamment les ensablements divers signalés sur la carte à 1/100.000 de Kandahar).

Nous les avons également trouvés à l'E de Wuwuri au voisinage du massif et en différents endroits sur la rive gauche du Khash Rod. Ces accumulations de sables éoliens sont d'étendues variables et plus ou moins épaisses allant du voile sableux à des barkhanes de faible dimension, de quelques centaines de mètres carrés chacune, qui se développent sur un substratum plan, uniforme et durci comme autour de Bagat (rive gauche de l'Helmand Rod) ou au contraire dans un paysage accidenté (Piste conduisant de Bagat au Kohé Arbu, au S du Kohé Khannesin). Ce caisson peut alors se confondre avec le Caisson 46.

Classification. Egalement valable pour les caissons 45 et 46.

Sols minéraux bruts

Des déserts chauds (xériques)

Sols bruts xériques, inorganisés d'apport (voile sableux, barkhanes, accolements sableux à des massifs montagneux ou à des accidents topographiques).

CAISSON 45. ENSABLEMENT EN BARKHANES IMPORTANTES

Ce type d'ensablement a été observé au S de Kandahar sur la rive gauche du Doré Rod. Les sables, sans doute d'origine deltaïque, font une dizaine de mètres d'épaisseur et reposent sur un niveau dolomitique de 2 m d'épaisseur, d'âge compris entre 34.300 ± 1900 et 26.270 ± 880 sans BP (F S et S A. pp. 126-135). Ces sables

faiblement évolués (Sol à profil calcaire peu différencié à points ou rares petits amas calcaires) sont superficiellement repris par l'érosion éolienne sous l'action de vents soufflant d'O en E. Ces vents donnent naissance à des bar-khanes de 2 à 4 m de hauteur en champ continu.

Une seconde surface de ce type est également observée sur les images satellites et se situe au N de Rodbar. Elle s'est formée dans une vaste dépression orientée NO-SE sur la rive droite de l'Helmand Rod si bien que ce fleuve coule provisoirement sur une ligne de crête puisque sa rive gauche est occupée par la dépression du Gawdzéreh (F S et S A, pp. 130 à 132). Ces dunes vues seulement sur l'imagerie satellites apparaissent sous forme d'ondulations très importantes en amplitude. Elles nous semblent se développer sous l'action de très forts vents d'orientation NO - SE. Ceci avait amené SMITH (1974) à considérer que le creusement de la dépression du Gawdzéreh était lié à une érosion éolienne intense alors qu'en fait de telles dépressions sont dues au rejeu de failles en deux lignes directionnelles opposées qui paraissent provoquer l'effondrement de vastes compartiments dont les lacs actuels sont le résultat (voir caissons hors numérotation. Lignes de fractures).

CAISSON 46. ENSABLEMENT EN ALIGNEMENTS DANS LE SENS DES VENTS DOMINANTS.

L'influence de tels vents est indéniable dans la partie S et S E de la carte où par une trajectoire S O - N E ils empruntent le couloir compris entre une ligne de reliefs situés le long de la frontière pakistanaise (Altitude 1000 à 1200 m et plus) et le "dasht" Sarpat qui suit la piste Deshu-Rodbar. Ils donnent naissance à des ensablements qui s'accrochent aux reliefs mais que nous n'avons pu observer visuellement qu'au S de Kohé Khannessin entre ce massif et le Kohé Arbu au S, sur la piste menant de Bagat à ce dernier massif. Ces ensablements se poursuivent, après avoir contourné le Kohé Khannessin, par une direction S - N N E dans le Régestan. Il s'agit parfois de voiles sableux mais le plus souvent de barkhanes très denses, en champs continus, de traversée très difficile. Ces barkhanes se développent ; soit dans un paysage accidenté et leur passage est périlleux par suite d'affleurements rocheux ; soit, plus au S, sur des reliefs plans à cailloutis superficiel sur lesquels elles se déplacent et leur traversée pose alors peu de problèmes (Arrivée sur le Kohé Arbu).

CAISSONS HORS NUMEROTATION

- LIGNES PRINCIPALES DE FRACTURES

D'une façon générale elles sont toutes perceptibles sur l'imagerie satellite ou les photographies aériennes. Nous n'indiquerons ici que les grandes lignes directionnelles les plus essentielles :

- lignes de fractures parallèles au cours de l'Helmand Rod, d'abord NE-SO puis s'incurvant vers l'O sur le pourtour du Kohé Khannesin pour prendre ensuite une direction grossièrement E - O ;

- un second système N-S ou NO-SE se dessine au N et NO de Caharburjak et au voisinage du Kohé Khannesin. Il est plus ou moins perpendiculaire au premier.

Le premier système qui paraît le plus important a déterminé les déplacements des cours des différents fleuves vers l'E : Helmand Rod, Khash Rod, Farah Rod (F S et S A, Figure 27, p. 118).

La conjugaison de ces deux systèmes est probablement à l'origine des fosses d'effondrement où se situent les lacs actuels.

- TERRASSE MOYENNE A ENCROUTEMENT CONGLOMERATIQUE CALCAIRE DU TARNAK ROD

TERRASSE HAUTE A ENCROUTEMENT CONGLOMERATIQUE CALCAIRE DU TARNAK ROD

Nous renvoyons à ce qui a été écrit précédemment (F S et S A, pp. 124-125-126), et au caisson 9.

Pour résumer et schématiser nous dirons qu'un bassin sédimentaire et lacustre s'est formé au débouché du Tarnak Rod dans la dépression du Kandahar. Son exutoire O devait se situer vers Maywand (Keskénakhud), ceci a une période relativement récente. Trois terrasses bordent le cours du Tarnak Rod du S de Moqur à Kandahar :

- une terrasse supérieure conglomératique encroûtée qui a donné un âge de 27.400 ± 800 ans BP ;

- une terrasse moyenne datée de 15.970 ± 240 ans BP ;

- une terrasse inférieure limoneuse, en cultures, la plus récente, d'âge vraisemblable 9 à 10.000 ans BP à actuel.

Les dolomies trouvées dans la cuvette de Kandahar confirment par leur âge l'existence d'un tel bassin lacustre (voir caisson 45).

A N N E X E S

Les résultats des bases échangeables sont calculées à partir de différentes analyses qui ne sont pas toutes reportées dans les tableaux suivants, mais seulement les plus importants.

Les processus analytiques ont été effectués de la façon suivante. Les échantillons traités ont subi successivement :

- (I) ;
- une extraction des sels solubles au $1/2$ ($\frac{100 \text{ gr sol}}{200 \text{ gr eau}}$)
 - puis une extraction des sels solubles au $1/10$ ème.

Sur le résidu de sol séparé en deux parties égales ont été faites :

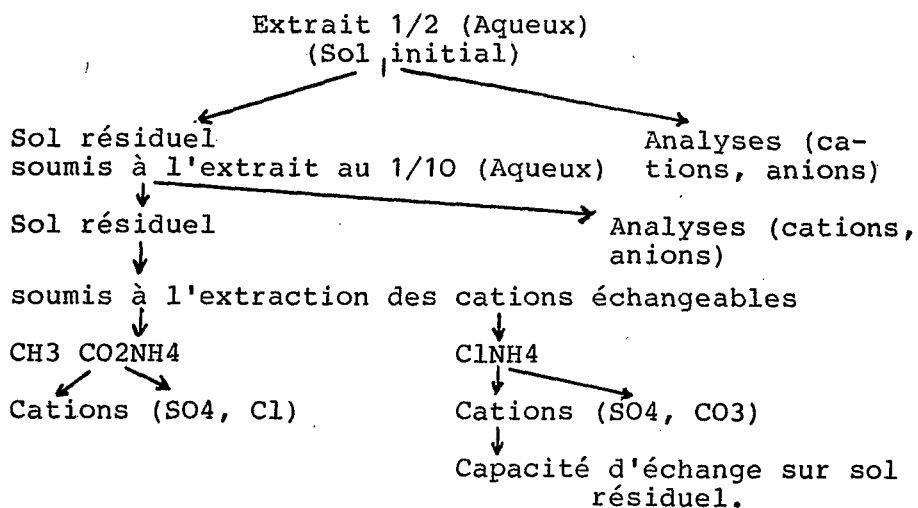
- une extraction des cations échangeables par l'acétate de NH_4 , M, pH 7 ;
- une extraction des cations échangeables par Cl NH_4 , M, pH 7.

Avec dans les deux cas, dosages des anions solubilisées au cours des opérations :

- Cl et SO_4 (Acétate NH_4)
- SO_4 et CO_3 (Cl NH_4)

Les chiffres des cations échangeables calculés résultent de ces différentes opérations. Leur somme est généralement voisine de celle de la capacité d'échange faite sur le résidu des opérations précédentes. Ceci indique, quelque soit les faibles différences, des sols saturés. Certaines teneurs en Na échangeable peuvent apparaître élevées par rapport à la somme des cations où à celle de Ca, mais elles n'ont pas de signification véritable du fait que nous sommes en présence de sols complexes contenant, en plus des sels solubles, du gypse, des carbonates de Ca et Mg. Nous n'avons donc retenu ici que le caractère de salinité de ces sols puisqu'il était très difficile de mettre en évidence une alcalisation ($\text{Na/T} > \text{à } 12\%$ ou $\text{Na/Ca} > \text{à } 15\%$) qui existe peut-être dans certains cas mais est peu discernable.

-
- (I) Le calcul de la conductivité de l'extrait de saturation s'obtient par la formule suivante : $\lambda E S = \lambda E \frac{1}{2} \times 200$
 Les valeurs obtenues ainsi apparaissent Eau % de E S trop élevées pour de fortes salinités, plus correctes, pour des salinités moindres (voir profil 75-I où sont comparées des conductivités calculées à partir de l'extrait au $1/2$ et des conductivités de l'extrait de de saturation).

RESUMES DES PROCESSUS ANALYTIQUES

Pour les teneurs en bore total et assimilable nous renvoyons à F S et S A (pp. 276 à 278) et aux travaux suivants :

- Etude sur le terrain et au laboratoire de la dynamique de remontée du Bore et ses conséquences sur la composition chimiques des sols, des eaux et des plantes dans quelques profils de la région de KABUL (Afghanistan). EZAT Ezatullah. Diplôme de Docteur de 3ème cycle. ORSTOM 1977. III p. multigr.

- Etude des principales méthodes d'analyse d'un sol salé. Application des méthodes à un sol salé d'Afghanistan D.E.S. DOUALE Aboubaker. ORSTOM, 66 p. multigr.

Profils	74-7	74-17				74-18	
N°Echant.	70	I70	I71	I72	I73	I81	I82
Prof. cm		0-20	0-15	20-40	40-60	0-5	40-60
<u>GRANULOMETRIE %</u>							
Argile	20,5	12,5	25,5	12,5	8,5	17,5	21,5
Limon fin	10,5	8,0	15,5	11,0	9,0	12,5	6,0
Limon grossier	6,5	5,5	9,5	5,0	6,9	24,9	3,5
Sable fin	36,8	53,7	26,2	11,9	20,4	34,3	39,9
Sable grossier	21,2	17,5	19,1	15,3	20,9	7,5	26,6
<u>MAT. ORGANIQUE %</u>							
Carbone	0,97	0,79	1,41	0,75	0,85	1,00	0,75
Azote	0,207	0,200	0,266	0,10	0,110	0,20	0,18
C/N	4,7	4,0	5,3	7,5	7,8	4,8	4,2
<u>ACIDITE</u>							
pH eau 1/2,5	8,9	9,7	9,0	8,5	8,5	9,1	9,6
pH K Cl	8,0	8,7	8,3	7,9	8,0	8,1	8,4
<u>CO3Ca</u>							
Total %	9,66	8,0	9,41	1,58	1,50	12,3	8,75
Actif %	27	172	33	52	22	47	15
<u>CATIONS ECHANG.</u>							
en me %							
Ca	4,65	2,75	11,63	5,95	3,4	5,15	6,25
Mg	1,68	0,73	1,5	1,41	1,20	1,59	1,35
K	0,67	0,6	1,07	0,16	0,05	0,50	0,47
Na	1,61	2,57	2,6	0,93	0,73	0,58	1,16
S	8,61	6,65	16,8	8,45	5,38	7,82	9,23
Cap. echang. T	8,0	7,0	16,0	7,2	4,5	8,0	9,0
<u>P2O5 %</u>							
Total	0,53	0,64	0,66	0,25	0,32	0,78	0,50
Assimilable	0,06	0,06	0,07	0,05	0,05	0,090	0,035
<u>ELIS SOLUBLES</u>							
Extr. 1/2							
Cations							
Ca	4,18	0,10	4,93	4,73	7,82	0,17	0,09
Mg	0,36	0,02	0,30	0,26	0,51	0,07	0,01
K	0,18	Tr	0,28	0,14	0,05	Tr	Tr
Na	9,46	5,08	32,4	25,5	29,25	2,96	1,78
Anions							
Cl	12,5	3,75	18,9	11,0	14,5	2,28	0,97
SO4	1,8	0,40	19,8	20,0	21,8	0,26	0,30
CO3H	0,25	0,75	0,25	0,20	0,15	0,50	0,55
CO3	0,0	0,2	0	0	0	0	0
Cond. mmhos/cm	6,57	2,34	19,42	14,56	14,88		
<u>HYDROLYSE</u>							
SO4Ca 2 H2O %	0,20	0,49	3,63	51,2	32,7	0,39	0,21
né Ca ou SO4 corresp.	2,35	5,73	42,01	594,95	373,0	4,55	2,50

Profils	14-17'				74-63
N°Echant.	I71'	I72'	I73'	I74'	630
Prof. cm	0-20	50-70	80-100	110-130	0-10
<u>GRANULOMETRIE %</u>					
Argile	13,5	8,5	11,5	5,0	28,0
Limon fin	7,5	3,5	3,5	5,5	25,5
Limon grossier	6,4	8,8	8,6	12,1	24,1
Sable fin	23,5	62,2	66,0	61,9	18,1
Sable grossier	22,2	7,7	2,6	5,5	0,8
<u>MAT. ORGANIQUE %</u>					
Carbone	0,77	0,16			
Azote	0,127	Tr			
C/N	6,1				
<u>ACIDITE</u>					
pH eau 1/2,5	8,3	8,5	8,6	9,0	8,8
pH K Cl	7,8	8,2	8,3	8,7	8,4
<u>CO3Ca</u>					
Total %	4,17	16,6	13,4	17,3	30,2
Actif %	30	20	14	28	135
<u>CATIONS ECHANG.</u>					
en me %					
Ca	5,1	2,98	2,0	1,75	
Mg	0,93	1,04	0,75	0,73	15,9
K	0,05	0,06	0,05	0,03	0,81
Na	0,85	0,34	0,41	0,53	3,12
S	6,93	4,42	3,21	3,04	9,83
Cap. echang. T	5,4	3,6	2,8	2,1	10,2
<u>P2O5 %</u>					
Total	0,25	0,55			1,05
Assimilable	0,01	0,01			0,035
<u>SELS SOLUBLES</u>					
<u>Extr. 1/2</u>					
<u>Cations</u>					
Ca	7,26	9,46	9,24	4,30	1,86
Mg	0,40	0,32	0,30	0,19	2,74
K	0,12	0,14	0,14	0,12	0,32
Na	11,3	52,9	108,5	72,6	7,38
<u>Anions</u>					
Cl	11,5	42,7	91,5	10,3	2,8
SO4	7,9	19,1	24,7	67,0	8,5
CO3H	0,3	0	0	0	0,65
CO3	0	0	0	0	0,1
Cond. mmhos/cm	8,33	30,49	40,23	30,28	5,8
<u>GYPSE</u>					
SO4Ca 2 H2O %	41,4	14,0	15,6	10,4	1,29
me Ca ou SO4 corresp.	481,8	163,1	180,7	121,9	15,0

Profils	74-62				74-85			
°Echant.	620	621	622	623	851	852	853	854
Prof. cm	0-2	2-15	30-50	60-80	0-7	7-27	40-60	80-100
<u>GRANULOMETRIE %</u>								
Argile			14,5	4,5	10,5	12,5	15,0	9,5
Limon fin			20,5	2,0	18,0	16,5	14,5	11,0
Limon grossier			28,0	32,9	39,3	38,2	31,0	27,5
Sable fin			32,1	50,1	22,6	22,6	33,7	40,8
Sable grossier			2,3	8,9	6,7	8,2	3,5	9,4
<u>MAT. ORGANIQUE %</u>								
Carbone	8,0	4,72	3,02	0,63	4,87	2,60	1,13	1,38
Azote	0,853	0,613	0,367	0,150	0,647	0,420	0,320	0,363
C/N	9,4	7,7	8,2	4,2	7,5	6,4	3,5	3,8
<u>ACIDITE</u>								
pH eau 1/2,5	8,8	8,8	9,0	9,2	8,3	8,7	8,6	8,7
pH K Cl	8,6	8,15	8,2	8,8	7,8	8,0	8,2	8,3
<u>CO3Ca</u>								
Total %	29,1	32,2	25,3	21,5	24,1	25,8	35,1	35,7
Actif %	95	128	64	38	15	28	36	38
<u>CATIONS ECHANG.</u>								
en me %								
Ca					6,83	5,45	3,55	2,9
Mg					0,92	0,99	0,78	0,65
K					0,87	0,66	0,25	0,15
Na					0,66	0,78	0,28	0,37
S	7,43	4,55	7,83	3,41				
Cap. echang. T	7,1	4,3	8,1	2,8	9,28	7,88	4,86	4,07
					9,10	8,10	4,60	4,10
<u>P2O5 %</u>								
Total	0,89	0,92		0,57	1,37	1,26	0,50	
Assimilable	0,03	0,02		0,03	0,19	0,13	0,02	
<u>SELS SOLUBLES</u>								
Extr. 1/2								
<u>Cations</u>								
Ca	4,32	0,54	0,33	0,45	2,31	0,45	0,12	0,20
Mg	5,68	0,62	0,43	0,45	0,56	0,38	0,09	0,15
K	0,74	0,18	0,10	0,09	0,26	0,07	0,03	0,04
Na	26,66	5,56	2,95	2,93	6,34	2,06	1,09	1,54
<u>Anions</u>								
Cl	23,50	2,52	1,25	1,85	4,65	1,63	0,21	0,46
SO4	13,80	3,60	1,80	1,30	3,60	0,40	0,45	0,60
CO3H	0,20	0,70	0,80	0,80	1,00	0,70	0,65	0,60
CO3	0,10	0,15	0,15	0,15	0,05	0,08	0,10	0,06
Cond. mmhos/cm	17,91	3,23	1,92	2,92				
<u>GYPSE</u>								
SO4Ca 2 H2O %	3,21	0,60	0,42	0,35	0,45	0,33	0,23	0,19
me Ca ou SO4 corresp.	37,3	7,05	4,85	4,11	5,14	3,82	2,64	2,20

Profil	74-66						
N° Echant.	661	662	663	664	665	666	667
Prof. cm	0-20	40-60	60-80	80-90	100	140	200
<u>GRANULOMETRIE %</u>							
Argile		9,5	5,3	30,0	9,0	9,5	14,5
Limon fin		11,0	2,0	21,5	0,5	3,5	22,5
Limon grossier		7,8	2,2	7,1	2,0	6,1	38,1
Sable fin		70,0	86,8	37,8	70,5	78,6	21,9
Sable grossier		0,6	1,9	1,3	17,8	1,2	0,6
<u>MAT. ORGANIQUE %</u>							
Carbone	2,84	1,23	0,97	2,87	0,94	0,79	2,15
Azote	0,266	0,133	0,157	0,367	0,107	0,14	0,346
C/N	10,7	9,2	6,2	7,8	8,8	5,6	6,2
<u>ACIDITE</u>							
pH eau 1/2,5	8,6	8,4	8,6	8,4	8,4	8,5	8,4
pH K Cl	8,4	8,1	8,4	8,0	8,2	8,2	8,0
<u>CO₃Ca</u>							
Total %	20,6	16,9	14,2	16,5	12,7	16,5	22,8
Actif %	15	22	38	41	64	15	59
<u>CATIONS ECHANG.</u>							
en me %							
Ca							
Mg							
K							
Na							
S							
Cap. echang. T	4,49	2,72	3,29	13,82	5,44	3,33	6,4
	4,2	2,4	3,0	14,0	5,0	3,0	6,1
<u>P₂O₅ %</u>							
Total	0,89	0,71	0,55	0,87	0,50	0,69	1,10
Assimilable	0,055	0,035	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06
<u>SELS SOLUBLES</u>							
Extr. 1/2							
<u>Cations</u>							
Ca	4,95	2,02	1,18	4,18	1,34	2,36	1,25
Mg	0,22	0,54	0,42	1,98	0,69	1,32	1,49
K	0,16	0,12	0,08	0,16	0,07	0,10	0,07
Na	64,7	16,72	8,04	36,1	3,15	5,08	1,67
<u>Anions</u>							
Cl	55,5	17,5	8,0	41,8	4,1	7,65	3,14
SO ₄	12,1	1,6	1,44	0,2	0,74	0,58	0,15
CO ₃ H	0,75	0,5	0,62	0,75	0,5	0,5	1,25
CO ₃	0,05	0	0	0	0	0	0
Cond. mmhos/cm	29,62	9,4	4,62	17,9	2,48	4,01	2,13
<u>GYPSE</u>							
SO ₄ Ca 2 H ₂ O %	5,45	1,65	0,83	4,13	0,42	0,66	0,45
mé Ca ou SO ₄ corresp.	63,3	19,2	9,7	48,0	4,85	7,64	5,29

Profil	15-I									
N°Echant.	75-II	75-I2	75-I3	75-I4	75-I5					
Prof. cm	0-10	10-30	30-50	50-70	80-100					
<u>GRANULOMETRIE %</u>										
Argile	21,5	26,0	30,15	34,15	31,0					
Limon fin	10,1	12,95	17,7	27,6	34,45					
Limon grossier	14,6	10,0	6,4	5,9	5,2					
Sable fin	37,25	34,5	28,6	16,9	10,9					
Sable grossier	12,25	13,85	12,8	11,45	15,75					
<u>MAT. ORGANIQUE %</u>										
Carbone										
Azote										
C/N										
<u>ACIDITE</u>										
pH eau 1/2,5	8,9	9	9	9,1	9,1					
pH K Cl	8,3	8,2	8,2	8,3	8,4					
<u>CO3Ca</u>										
Total %	13,4	15,8	21,9	32,2	41,4					
Actif %	10	10	30	50	60					
<u>CATIONS ECHANG.</u>										
en me %										
Ca										
Mg										
K										
Na										
S										
Cap. echang. T										
<u>P205 %</u>										
Total										
Assimilable										
<u>SELS SOLUBLES</u>						75-II	75-I2	75-I3	75-I4	75-I5
Extr. 1/2						<u>Extr. sat.</u>				
<u>Cations</u>										
Ca	4,48	3,26	1,37	1,83	2,54	0,89	1,08	1,41	1,45	1,99
Mg	0,96	0,52	0,42	0,49	0,57	0,89	0,49	0,59	0,60	0,60
K	0,32	0,15	0	0	0	0,01	0	0	0	0
Na	33,41	15,87	12,32	14,44	15,18	24,05	13,24	11,76	14,07	13,39
<u>Anions</u>										
Cl	9,62	3,92	2,82	3,16	3,62	8,52	3,56	2,82	3,06	3,40
SO4	25,75	14,4	10,75	13,4	13,8	19,15	10,86	10,65	12,17	12,90
CO3H	0,21	0,12	0,16	0,15	0,14	0,15	0,11	0,17	0,13	0,09
CO3	0,21	0,01	0,02	0	0	0,05	0	0	0	0
Cond. mmhos/cm	15,85	8,43	6,62	7,89	8,09					
Extr. sat. (I)	97,8	36,0	22,1	21,8	18,7	69,1	27,15	19,33	19,35	16,03
<u>GYPSE</u>										
SO4Ca 2 H2O %										
mé Ca ou SO4 corresp.										

(I) Extrait de saturation calculé à partir de l'extrait au 1/2 et de H2O de ES en % de sol sec.

Données extraites en partie du DES de DOUALE Aboubaker : "Etude des principales méthodes d'analyse d'un sol salé. Application des méthodes à un sol salé d'AFGHANISTAN".