

Institut Français de Recherche
Scientifique pour le Développement
en Coopération

O R S T O M

Centre National
d'Etudes Spatiales
C N E S

SPOT IMAGE

PROGRAMME D'EVALUATION PRELIMINAIRE SPOT

PEPS n° 149

SPOT OURSI

Les états de surface de la région
d'Oursi - Observations au sol
et hydrodynamique -

Centre ORSTOM
01 B.P. 182
OUAGADOUGOU 01
Burkina Faso

LAMACHERE J.M.
Octobre 1988



SOMMAIRE

	<u>Pages</u>
<u>Introduction</u>	1
1. Analyse des paysages de la région d'Oursi, photointerprétation	2 - 3
2. Echantillonnage au sol des paysages de la région d'Oursi	2 à 9
Figure n° 1 : Localisation des lignes et parcelles observées en 1986	4
2.1. Le système dunaire	5 - 7
2.2. Les massifs rocheux, buttes cuirassées, crêtes et inselbergs	7 - 8
2.3. Les glacis et interfluves	8 - 9
2.4. Le réseau hydrographique	9
3. Description des états de surface de la région d'Oursi	10 à 74
3.1. Les états de surface du système dunaire	12 à 36
3.1.1. Les états de surface de l'erg récent	12 à 18
Tableau n° 1 : Répartition moyenne des surfaces élémentaires sur l'erg récent en pourcentages de la surface totale	13
Figure n° 2 : ligne B7	14
Tableau n° 2 : ligne B7	15
Figure n° 3 : ligne B10	16
Tableau n° 3 : ligne B10	17
3.1.2. Les états de surface de l'erg ancien	18 à 23
Tableau n° 4 : Répartition moyenne des surfaces élémentaires sur l'erg ancien en pourcentages de la surface totale	20
Figure n° 4 : ligne B8	21
Tableau n° 5 : ligne B8	22
3.1.3. Les états de surface des jupes sableuses	23 à 29
Tableau n° 6 : Répartition moyenne des surfaces élémentaires sur les jupes sableuses non cultivées en pourcentages de la surface totale	25
Tableau n° 7 : Répartition moyenne des surfaces élémentaires sur les champs cultivés en pourcentages de la surface totale	25

	Pages
Figure n° 5 : ligne G1	27
Tableau n° 8 : ligne G1	28
3.1.4. Les états de surface des placages sableux sur glacis et interfluves.	29 à 36
Tableau n° 9 : Répartition moyenne des surfaces élémentaires sur les placages sableux des glacis et interfluves	31
Figure n° 6 : ligne B3.	32
Tableau n° 10: ligne B3.	33
Figure n° 7 : ligne G5	34
Tableau n° 11 : ligne G5	35
3.2. Les états de surface des massifs rocheux, buttes cuirassées, crêtes et inselbergs	36 à 45
3.2.1. Les états de surface des massifs rocheux.	36 à 41
Tableau n° 12 : Répartition moyenne des surfaces élémentaires sur les massifs rocheux en pourcentages de la surface totale.	38
Figure n° 8 : ligne K11	39
Tableau n° 13 : ligne K11	40
3.2.2. Les états de surface des buttes cuirassées.	41 - 42
3.2.3. Les états de surface des inselbergs et amas granitiques.	42 à 45
Tableau n° 14 : Répartition moyenne des surfaces élémentaires sur les glacis et interfluves arénacés parsemés de chaos granitiques, en pourcentages de la surface totale.	43
3.3. Les états de surface des glacis et interfluves	45 à 70
3.3.1. Les états de surface des glacis et interfluves	45 à 52
Tableau n° 15 : Répartition moyenne des surfaces élémentaires sur les glacis et interfluves pierreux, en pourcenta- ges de la surface totale.	46
Figure n° 9 : ligne B5	48
Tableau n° 16 : ligne B5	49
Figure n° 10 : ligne K2	50
Tableau n° 17 : ligne K2	51

	Pages
3.3.2. Les états de surface des glacis à gravillons ferrugineux.	52 - 58
Tableau n° 18 : Répartition moyenne des surfaces élémentaires sur les glacis à gravillons ferrugineux en pourcentages de la surface totale.	54
Figure n° 11 : ligne D7.	56
Tableau n° 19 : ligne D7.	57
3.3.3. Les états de surface des glacis et interfluves nus sur sols bruns.	58 à 64
Tableau n° 20 : Répartition moyenne des surfaces élémentaires sur les glacis et interfluves sur sols bruns nus. . .	60
Figure n° 12 : ligne B1.	62
Tableau n° 21 : ligne B1.	63
3.3.4. Les états de surface des glacis et interfluves arénacés.	64 à 70
Tableau n° 22 : Répartition des surfaces élémentaires sur les glacis et interfluves arénacés.	66
Figure n° 13 : ligne B2.	67
Tableau n° 23 : ligne B2.	68
3.4. Les états de surface du réseau hydrographique.	70 à 74
4. Hydrodynamique des états de surface de la région d'Oursi. . .	75 à 91
4.1. Hydrodynamique des états de surface du système dunaire	76 à 79
4.1.1. L'erg récent.	76
4.1.2. L'erg ancien.	77
4.1.3. Les jupes sableuses	77 et 78
4.1.4. Les placages sableux sur glacis et interfluves. .	79
4.2. Hydrodynamique des états de surface des massifs rocheux, buttes cuirassées, crêtes et inselbergs.	80 et 81
4.2.1. Les massifs rocheux	80
4.2.2. Les buttes cuirassées	80
4.2.3. Les inselbergs et amas granitiques.	81
4.3. Hydrodynamique des états de surface des glacis et interfluves.	82 à 85

	Pages
4.3.1. Les glacis et interfluves pierreux.	82
4.3.2. Les glacis à gravillons ferrugineux	82 et 83
4.3.3. Les glacis et interfluves sur sols bruns nus.	83 et 84
4.3.4. Les glacis arénacés.	84 et 85
4.4. Hydrodynamique des états de surface du réseau hydro- graphique.	86
4.5. Classification des états de surface de la région d'Oursi	87 à 91
Tableau n° 24 : Comportement hydrologique des états de surface de la région d'Oursi : évaluation des lames ruisselées en mm.	91
4. Conclusion.	92 et 93
<u>Bibliographie</u>	94 et 95
<u>Annexes 1, 2, 3</u> : Méthode de description des parcelles (Valentin, 1985).	96 à 98

INTRODUCTION

Dans une première publication : "Les surfaces élémentaires de la région d'Oursi" J.L. JANEAU et J.M. LAMACHERE (septembre 1988), nous avons décrit les principales surfaces élémentaires couvrant les sols de la région d'Oursi, puis déterminé leur comportement hydrodynamique par analyse avec les parcelles élémentaires soumises à l'épreuve du simulateur de pluies en zone sahélienne (J. ALBERGEL ; A. CASENAVE ; P.CHEVALLIER) et décrites avec précision par C. VALENTIN.

Cette seconde publication a pour objectif de décrire les états de surfaces de la région d'Oursi, c'est-à-dire d'étudier la répartition spatiale des surfaces élémentaires sur une vaste surface limitée approximativement au bassin versant de la mare d'Oursi.

L'analyse préalable des paysages de la région, par photointerprétation des images de la simulation SPOT d'Octobre 1981 et utilisation de la superbe carte géomorphologique et géodynamique du bassin de la mare d'Oursi (F. JOLY et Y. DEWOLF - 1980), permet de décomposer la vaste surface initiale en zones homogènes quant à leur aspect visuel sur les images SPOT et de caractériser ces zones par leurs formations superficielles.

L'échantillonnage au sol de ces zones homogènes, par des lignes longues de 500 mètres à 1 kilomètre, nous conduit à une description très fine des états de surfaces sur des distances assez courtes pour que l'opération puisse être répétée à chaque passage du satellite SPOT, c'est-à-dire au moins 3 fois au cours de la saison des pluies.

En se référant à la classification des surfaces élémentaires de la région d'Oursi, nous avons ensuite constitué pour chaque ligne ou transect une relation hydrodynamique qui exprime son aptitude au ruissellement et à l'infiltration. Le calcul des lames ruisselées pour une averse de fréquence décennale nous permet enfin d'établir des classes d'aptitude au ruissellement.

En prenant le complément de la lame ruisselée par rapport à la pluie de fréquence décennale, on obtient une classification inverse de la précédente, exprimée en lames infiltrées sur les transects.

1. Analyse des paysages de la région d'Oursi, photointerprétation

Le paysage de la région d'Oursi se subdivise en quatre grandes unités géomorphologiques :

- le système dunaire qui comprend l'erg ancien, l'erg récent et les jupes sableuses autour des massifs rocheux,
- les massifs rocheux, buttes cuirassées, crêtes et inselbergs,
- les surfaces planes à faible pente, glacis et interfluves, qui se distinguent les uns des autres par leur recouvrement minéral, la nature de leurs substrats et de leurs sols,
- le réseau hydrographique, formé des chenaux de ruissellement, des thalwegs, des bas-fonds et des mares.

Chaque grande unité de paysage peut être subdivisée sur les images SPOT en zones visuellement homogènes par leur composition colorée, leur texture et leur structure.

La clef de l'interprétation des couleurs sur les images SPOT est la suivante :

- la couleur rouge est associée à l'existence d'une végétation chlorophyllienne herbacée, arborée, ou aquatique,
- la couleur vert foncé est associée à l'existence de sols bruns nus et d'éléments grossiers à la surface du sol : roches, cailloux, graviers, gravillons ferrugineux, cuirasse latéritique,
- la couleur vert clair à gris clair est associée aux sables grossiers d'origine granitique (glacis ou interfluves arénacés),
- la couleur jaune est associée aux sables fins d'origine éolienne dunes, jupes sableuses, placages éoliens.

La végétation chlorophyllienne n'est perceptible sur les dunes et les glacis de la région d'Oursi qu'en saison des pluies. Elle entre ensuite en sénescence et il n'est alors plus possible de la mettre en évidence sur les images satellitaires. Bien qu'atténuée, elle reste cependant visible sur les images de la simulation SPOT d'octobre 1981.

En ce qui concerne la texture et la structure des images, l'analyse des formes et de leur organisation fournit une idée de la topographie et de la dynamique hydrique.

Les formes ramifiées caractérisent le réseau de drainage , souligné par une végétation arborée et herbacée abondante , il apparaît coloré en rouge sur les images satellitaires SPOT prises en saison des pluies ; ses ramifications divergent à la périphérie des massifs rocheux et convergent en s'élargissant vers les bas-fonds.

Les formes massives aux bords découpés caractérisent les massifs rocheux : Kolel, Warga, Gouba et Tin-Edjar. Les formes en flots caractérisent les buttes cuirassées et les inselbergs granitiques : Kouni-Kouni, Djalafanka, Gountouré. Les formes en îles allongées, très découpées, caractérisent l'affleurement de cuirasses ferrugineuses ennoyées sous des sols peu épais. Les larges bandes jaune clair, orientées d'Ouest en Est, caractérisent le système dunaire. Sur les images satellitaires SPOT prises en saison des pluies, elles apparaissent teintées de rose plus ou moins vif selon l'importance du couvert végétal herbacé ; piquetées de taches rouges ou striées de lignes rouges plus ou moins anastomosées qui expriment la coalescence du couvert arboré.

Les champs cultivés se reconnaissent sur les images par leurs formes géométriques et leurs teintes généralement plus claires que les terrains avoisinants. Ils se localisent presque exclusivement sur les sols sableux du système dunaire.

2. Echantillonnage au sol des paysages de la région d'Oursi

Un premier découpage, en zones visuellement semblables, d'une partie du bassin versant de la mare d'Oursi sur les images de la simulation SPOT d'Octobre 1981, a fourni les résultats suivants :

- 15 zones sur le système dunaire,
- 15 zones sur les glacis ou interfluves,
- 5 zones sur les massifs rocheux,
- 6 zones sur le réseau hydrographique,

soit un total de 41 zones visuellement différentes.

L'échantillonnage au sol des paysages de la région d'Oursi résulte de ce premier découpage mais constitue un compromis entre un souci d'exhaustivité et les contraintes liées au programme SPOT-OURSIS, nécessitant un passage mensuel sur chaque site en saison des pluies pour y suivre le développement du couvert végétal.

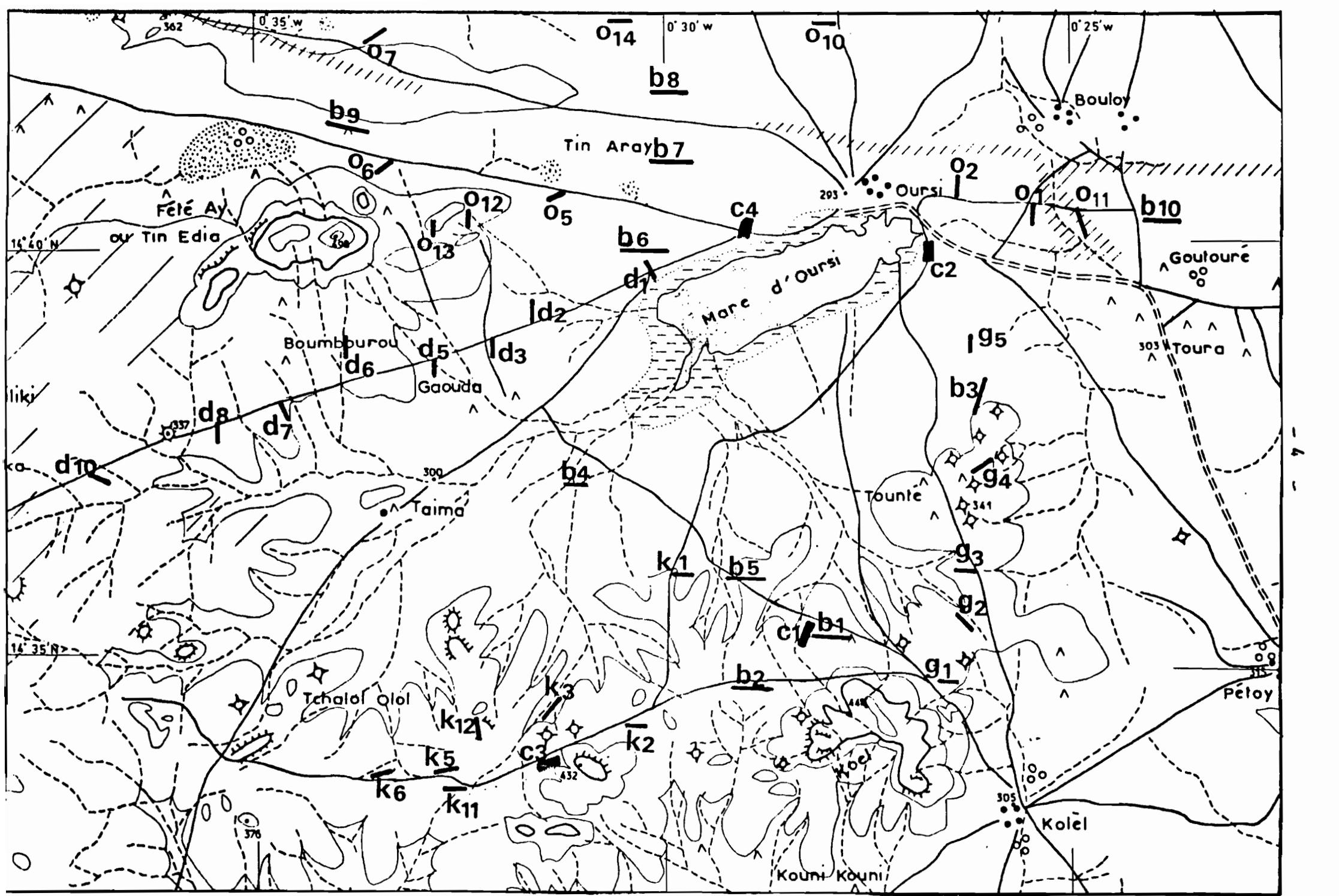


figure n° 1

Localisation des lignes et parcelles observées

en 1996

0 2 km

éc

Le passage des thalwegs et des bas-fonds n'étant possible qu'en certains endroits pendant l'hivernage, les sites ont été placés sur des itinéraires presque toujours praticables puis répartis sur la plupart des zones résultant du découpage des images de la simulation SPOT. Quelques zones, trop éloignées des itinéraires choisis ou trop difficiles d'accès, n'ont pas été retenues.

L'échantillon est constitué d'une quarantaine de lignes longues de 500 mètres à 1 kilomètre, orientées de manière à recouper la structure de chaque zone en évitant les situations locales trop particulières. Il était prévu initialement d'effectuer toutes les observations sur des lignes longues de 1 kilomètre. Nous nous sommes rapidement aperçus que la durée des observations du couvert végétal et des états de surface sur cette distance excédait 4 heures. L'ensemble des observations devant se situer sur une plage d'une dizaine de jours encadrant la date de la prise de vue par le satellite SPOT, nous avons réduit à 500 mètres la longueur des transects, limitant ainsi à 2 heures le temps nécessaire aux observations sur une même ligne. Une dizaine de sites ont été choisis pour y effectuer des mesures de biomasse (site B1 à B10) en conservant pour ces seuls sites une longueur de 1 kilomètre.

Quatre champs, cultivés en mil, complètent l'échantillon (sites C1, C2, C3 et C4).

Les lignes et parcelles cultivées constituant notre échantillon de référence sont localisées sur la figure n° 1 page 4.

2.1. Le système dunaire.

2.1.1. L'erg récent.

L'erg récent limite vers le nord le bassin versant de la mare d'Oursi. Il est formé d'une bande orientée d'est en ouest, large d'environ 2 kilomètres, caractérisée par l'absence de réseau de drainage.

La végétation arborée et herbacée, absente de l'erg vif situé au nord du village d'Oursi, a tendance à se concentrer au creux des barkhanes formant sur les images SPOT de petites taches rouges assez denses vers Gountouré, beaucoup plus dispersées vers le massif du Tin Edjar.

La position des lignes d'observation tient compte de ces variations de densité du couvert végétal. D'ouest en est ont été sélectionnés les 7 sites suivants :

B9, B6, B7, O₂, O₁, O₁₁ et B10.

2.1.2. L'erg ancien

La répartition du couvert arboré permet de distinguer sur l'erg ancien, d'est en ouest, au nord de l'erg récent : la brousse tachetée sur les cordons dunaires au modelé éolien bien marqué, la brousse réticulée, qui traduit l'amorce d'un réseau hydrographique, et la brousse tigrée, bien représentée à l'extrémité nord-ouest de la scène SPOT du 4/09/86.

Dans son ensemble, l'erg ancien est caractérisé par un réseau de drainage fragmenté et discontinu, un regroupement du couvert arboré et l'apparition de taches vertes sur les images SPOT, exprimant l'apparition d'horizons argileux à gravillons ferrugineux ou d'horizons rubéfiés.

Quatre sites ont été placés sur l'erg ancien : la ligne O₁₀ sur la brousse tachetée, les lignes O₁₄ et O₇ sur la brousse réticulée et la ligne B8 sur une tache verte de l'image SPOT.

2.1.3. Les jupes sableuses au pied des massifs rocheux et en bordure de l'erg récent

Le pied des massifs rocheux est fréquemment ennoyé de dépôts sableux éoliens récents d'épaisseur décroissante avec la pente des versants et entaillés de ravines profondes (massif de Kolel) lorsque la pente est supérieure à 5 %.

Sur la frange sud de l'erg récent, des dépôts éoliens récents peu épais recouvrent un paléosol plus argileux, souvent rubéfié.

L'existence d'un horizon plus argileux, sous une couche de sables fins de quelques dizaines de centimètres d'épaisseur, favorise l'installation des cultures de Mil soit à la périphérie des massifs rocheux (champs C1 et C3), soit en bordure de la jeune dune (champs C2 et C4).

Outre ces 4 champs cultivés, cinq sites ont été choisis sur les jupes sableuses :

- la ligne G1 près du massif de Kolel,
- la ligne O₁₂ près du massif de Tin Edjar,
- les lignes D1, O5 et O6 sur la frange sud de l'erg récent.

Les sites O12, D1 et O6 se distinguent des deux autres par une légère coloration verte sur l'image SPOT du 4 septembre 1986.

2.1.4. Les placages sableux éoliens

De nombreux placages sableux éoliens peu épais sont disséminés sur toutes les surfaces de la région d'Oursi sous la forme de petites buttes, de crêtes dunaires, de ridges ou de plages aux tailles variées. Ces dépôts éoliens favorisent le développement de la végétation herbacée et jouent un rôle important sur l'aptitude des sols au ruissellement et à l'infiltration.

Les lignes B3, B5 et K6, situées sur les glacis du sud de la mare d'Oursi sont couvertes à plus de 30 % par des sables fins éoliens et les lignes G3, G4, G5, K1, B1, D2, D6 le sont à plus de 20 %.

Ces placages sableux éoliens teintent en jaune et rose les images SPOT prises en saison des pluies dans la région d'Oursi.

2.2. Les massifs rocheux, buttes cuirassées, crêtes et inselbergs

2.2.1. Les massifs rocheux (lignes K11 et O13)

Selon la nature des affleurements rocheux on distingue dans la région d'Oursi les massifs de gabbros : Kolel, Warga, Gouba et Tin Edjar, qui apparaissent colorés en noir sur les images SPOT, des massifs de roches métamorphiques, tel le massif de Tchalol, au relief moins accentué, éclaté en petites buttes et crêtes éparses colorées en vert sombre teinté de bleu sur les images satellitaires.

La ligne K11 est située sur une crête de roches métamorphiques formées de schistes compacts de couleur grise, à l'ouest des massifs de Warga. La ligne O13 est située à l'extrémité est du massif de Tin Edjar sur une Canga de couleur noire très riche en fer.

2.2.2. Les buttes cuirassées (ligne K12)

Elles sont colorées en vert très sombre sur les images SPOT avec des formes circulaires ou allongées aux dimensions réduites : buttes de Kouni-Kouni, butte aux chats.

La ligne K12 est implantée sur une crête cuirassée située à l'est du massif métamorphique de Tchalol.

2.2.3. Les inselbergs et amas granitiques (ligne G4 et G5)

De taille très réduite, quelques centaines de mètres dans leur plus grande dimension, les pointements rocheux granitiques sont assez nombreux.

Ils se réduisent parfois à des amas de boules jonchant la surface des glaciers au substratum granitique. Entourés d'arènes fraîches et de sables éoliens, ils apparaissent en petites taches grises dans un environnement jaune clair à blanchâtre teinté de rose sur les images SPOT prises en saison des pluies.

Les lignes G4 et G5, situées sur l'interfluve de Tounté, ont été placées à proximité de pointements rocheux granitiques.

2.3. Les glaciers et interfluves

Les glaciers et interfluves se classent en deux grandes catégories : les glaciers et interfluves sur sols bruns couverts partiellement de pierres, de graviers et de gravillons, qui sont teintés en vert foncé sur les images SPOT, et les glaciers arénacés issus d'un substratum granitique, qui sont teintés en vert très clair. L'importance du placage sableux fin se manifeste sur les images SPOT par un glissement des teintes vers le jaune et vers le rose lorsque le couvert végétal herbacé vert est suffisamment important.

Les glaciers se distinguent des interfluves par la concentration du couvert végétal dans les thalwegs de leur réseau de drainage.

2.3.1. Les glaciers et interfluves pierreux

Ils se situent à proximité des massifs rocheux et se caractérisent sur les images SPOT par leur teinte très sombre, vert foncé pour les affleurements de cuirasse latéritique, bleu nuit pour les affleurements de roches métamorphiques.

La ligne K2 est située au pied du massif de Warga, sur vertisols bruns couverts au taux de 18 % par des matériaux grossiers.

Les lignes D2, D3, D10 et B5 sont placées sur des glaciers couverts au taux de 15 % par des pierres et graviers de roches métamorphiques pour les lignes D10 et B5, de quartz ferrugineux pour les transects D2 et D3.

2.3.2. Les glaciers à gravillons ferrugineux

(lignes G2, D3, D7, D8, D10, K1 et K3)

Les glaciers à gravillons ferrugineux se caractérisent sur les images SPOT par une teinte verte très prononcée.

Les sites sélectionnés dans notre échantillon sont nombreux à posséder un couvert de gravillons ferrugineux plus ou moins important.

La ligne G2, sur sol brun subaride modal, est couverte à 70 % par des gravillons ferrugineux. Les lignes K1, K3, D3 et D10 le sont à plus de 30 % et les lignes D7 et D8 à plus de 10 %.

A l'exception de la ligne D10, tous ces transects sont situés sur sols bruns subarides vertiques, même les transects D3 et D7 sur substratum granitique.

2.3.3. Les glacis nus sur sols bruns

Les glacis nus sont des surfaces planes à faible pente, recouvertes à plus de 40 % par des pellicules plasmiques. Les glacis nus sur sols bruns se différencient peu sur l'image SPOT du 4/09/1986, des glacis à gravillons ferrugineux ou des glacis pierreux.

Les lignes B1, B5 et K6 sont recouvertes à plus de 50 % par des pellicules plasmiques sur sol brun subaride modal. Les lignes K2, K3 et D3, le sont à plus de 40 % sur vertisols pour la ligne K2, sur sols bruns vertiques pour les lignes K3 et D3.

2.3.4. Les glacis et interfluves arénacés

Les glacis arénacés, dont les sols sont constitués de matériaux issus de la décomposition des granites, se caractérisent sur les images SPOT par des couleurs vert clair à blanc.

Les lignes G3, G4, G5, B2 et B3 sont situées sur ce type de glacis recouverts à plus de 30 % par des pellicules plasmiques, à plus de 20 % par des sables grossiers d'origine granitique.

2.4. Le réseau hydrographique

Le réseau hydrographique, bien développé sur les glacis, fragmenté sur l'erg ancien et absent de l'erg récent, est caractérisé dans la région d'Oursi par l'abondance de son couvert végétal arboré et herbacé, abondance qui se traduit par une couleur rouge prononcée sur les images SPOT prises en saison des pluies, une couleur brune à rouge brune sur les images de saison sèche.

La ligne B4 est située dans le bas-fond qui prolonge la mare d'Oursi et pénètre sur le glacis de Djalafanka.

3. Description des états de surface de la région d'Oursi

Pour décrire les états de surface de la région d'Oursi, nous nous sommes inspirés des travaux de VALENTIN C. (1985) en appliquant, sur des lignes longues de 500 mètres, une procédure descriptive plus simple que celle proposée par C. VALENTIN sur les parcelles soumises à la simulation de pluies mais plus complète et plus quantitative que celle proposée pour la description des points d'observation (conf. annexes n° 1, 2, 3 pages 96, 97 et 98). VALENTIN définit l'état de surface comme une juxtaposition de surfaces élémentaires. Pour caractériser les états de surface, VALENTIN s'appuie sur des caractères facilement identifiables sur photographies aériennes : formations végétales bien typées, principaux ensembles du relief. Nous avons adopté ce principe de classification en distinguant dans la région d'Oursi quatre grandes unités de paysages subdivisées en douze sous-unités (conf. chapitre 1, pages 5 à 9). Chaque sous-unité est décrite par un ensemble de lignes ou transects situées sur le bassin versant de la mare d'Oursi en tenant compte du découpage en zones visuellement homogènes des images de la simulation SPOT d'octobre 1981.

Sur chaque ligne, les observations comprennent tout d'abord une brève description des principales surfaces élémentaires rencontrées sur le site et une description sommaire de la situation topographique du site. Les lignes ont été préalablement repérées sur le terrain par leur origine, matérialisée par une lettre et un numéro d'ordre peints à la peinture blanche sur un support stable non destructible, et par leur direction relevée à la boussole.

La description se poursuit par un découpage de la ligne en segments homogènes caractérisés :

. par leur couvert minéral composé d'un assemblage de 2 à 3 surfaces élémentaires dont il faut évaluer les proportions sur chaque segment,

. par leur couvert végétal herbacé dont il faut estimer les taux de recouvrement vert et sec sur chaque segment,

. par leur micro-relief et leur macro-porosité superficielle : buttes, micro-buttes, micro-dépressions, trous d'insectes fouisseurs, trous de rongeurs, piétinement du bétail, fentes de retrait etc...

La description du couvert minéral peut être complétée par des observations concernant la nature des minéraux, des roches, la taille des éléments et leur répartition.

De même, la description du couvert végétal peut être complétée par une identification des principales espèces et une quantification statistique du couvert par des sondages à l'aiguille.

En progressant sur la ligne, on effectue des relevés topographiques d'altitude et de distance, on note la position de chaque arbre et arbuste par rapport à la ligne et on mesure le diamètre des couronnes, on note l'activité faunique : fourmilières, termitières, trous d'insectes fouisseurs, de rongeurs, piétinement du bétail ; on évalue également l'activité éolienne de déflation et de dépôt, l'activité hydrique d'érosion et de sédimentation.

Les observations complémentaires contribuent à la définition des relations hydrodynamiques qui sont déterminées par les observations effectuées sur les segments, essentiellement par le choix des types de surfaces élémentaires et leur taux de recouvrement ; elles contribuent très précisément au choix des relations les plus adéquates, affiné par la prise en compte des caractères secondaires.

Un même type de surface élémentaire, défini essentiellement par son couvert minéral, peut en effet être caractérisé par plusieurs relations hydrodynamiques en fonction de son couvert végétal ou de l'importance de la macroporosité superficielle.

Nous avons complété notre description des états de surface de la région d'Oursi en donnant un bref aperçu de la géologie, de la pédologie et du relief des sous-unités paysagiques. Ces renseignements sont extraits des travaux de JOLY F., DEWOLF Y. et RIOU G. (février 1980) en ce qui concerne la géologie et la géomorphologie, des travaux de LEPRUN J.C. (décembre 1977) en ce qui concerne la pédologie.

Les observations phytoécologiques des couverts végétaux et des biomasses, effectuées par DEVINEAU J.L., FOURNIER A. et BADIARA L. en 1986 sur des transects sélectionnés à cet effet, nous ont permis de donner un aperçu de l'évolution du couvert végétal au cours de l'hivernage 1986 sur les principaux états de surface de la région.

Les descriptions sont illustrées de dessins figurant les lignes sélectionnées pour représenter les principaux types d'état de surface de la région d'Oursi.

3.1. Les états de surface du système dunaire

3.1.1. Les états de surface de l'erg récent

- Couche géologique superficielle

Sables fins éoliens comprenant 60 % de sables fins, 30 % de sables grossiers et 10 % d'argiles et de limons. L'épaisseur de la couche de sables fins déliés varie en fonction du modelé éolien du relief. Elle dépasse rarement 4 mètres d'épaisseur et repose sur un paléosol rubéfié plus compact.

- Sols

Sols brun-rouges subarides peu différenciés, pauvres en argiles et limons, à forte porosité (35 %), à faible rétention hydrique (2 % au PF 3) et à forte perméabilité (18 cm/h).

- Relief

La dénivelée maximale du cordon dunaire par rapport au niveau de la mare d'Oursi est d'une vingtaine de mètres. Le modelé éolien du relief est constitué de barkhanes enchevêtrées dont les versants les plus longs ne dépassent pas quelques centaines de mètres et les versants les plus courts une centaine de mètres. Les dénivelées entre le sommet et le creux des barkhanes excèdent rarement 10 mètres et sont le plus souvent de 4 à 5 mètres.

- Méso-relief et micro-relief

Buttes, micro-buttes et rides aux formes et aux amplitudes variées.

- Couvert herbacé abondant, supérieur à 50 %

- Couvert arbustif et arboré de l'ordre de 2 à 5 %.

- Surfaces élémentaires

Tableau n° 1 : Répartition moyenne des surfaces élémentaires sur l'erg récent en pourcentages de la surface totale.

Types de surfaces transects	35	36	42	45	couvert végétal en %
B 10	83	0	0	17	64
O 11	69	4	23	4	36
O 1	68	0	0	32	-
O 2	67	0	0	33	53
B 6	94	0	0	6	51
B 7	72	0	5	23	59
B 9	54	0	0	46	49

type 35 : Recouvrement très épais de sables fins avec fort couvert herbacé.

type 36 : Recouvrement très épais de sables fins sans végétation (erg vif).

type 42 : Surface à pellicules plasmiques sur sables fins.

type 45 : Surface à pellicules plasmiques discontinues sur sables fins avec fort couvert herbacé (pellicule de dessiccation).

- Activité faunique importante des insectes et des rongeurs.
- Traces fréquentes de piétinement par le bétail, fécès dispersés.
- Activité éolienne importante, localement très importante sur les surfaces dépourvues de végétation et sous les arbres.
- Evolution des états de surface.

Au cours de l'hivernage 1986 les lignes B6, B7, B9 et B10 ont fait l'objet d'observations régulières de leur couvert végétal et de mesures régulières des biomasses. (Léon BADIARA, décembre 1986).

Sur l'ensemble des sites, la production végétale s'est accrue rapidement entre la fin juin et la fin juillet, passant en un mois de 20 grammes de matière sèche par mètre carré à 100 et 150 g/m².

Seuls les transects B6 et B9 restent en deçà de ces valeurs : 40 g/m² fin juillet pour le transect B9 et 73 g/m² pour le transect B6.

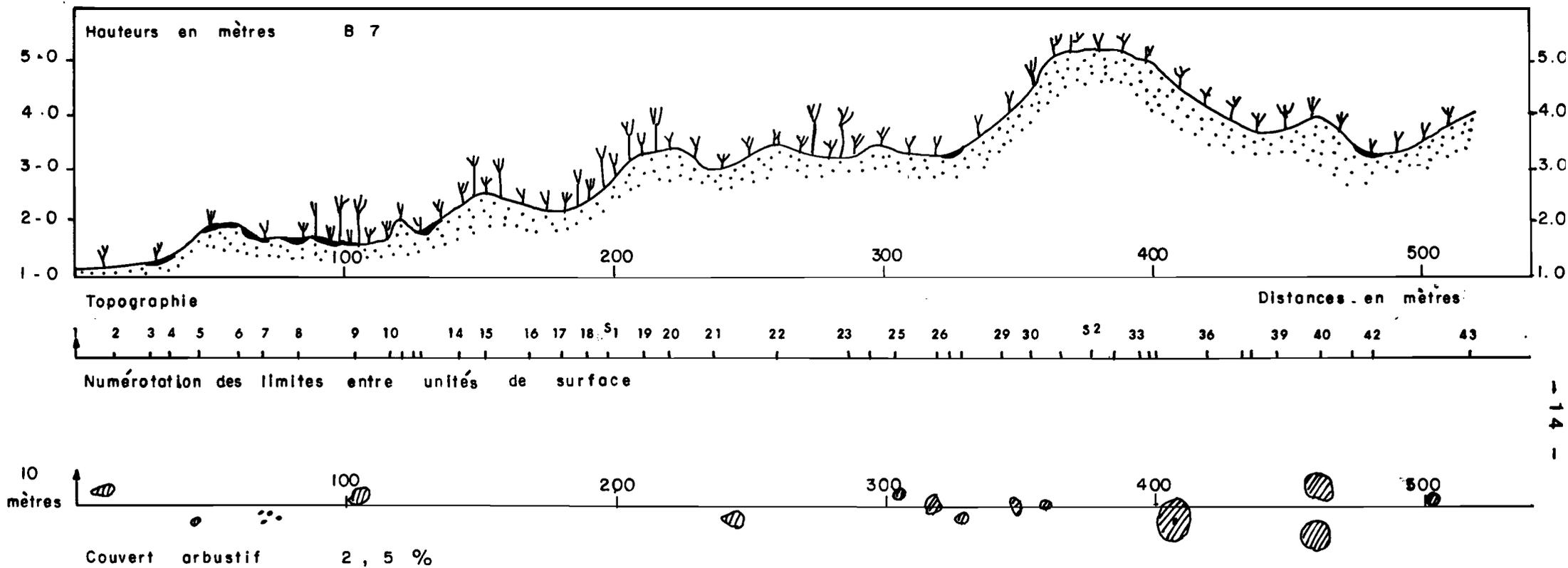


Figure n° 2

Ligne B 7 - sols brun - rouge subarides peu différenciés - dune vêtue

Observations effectuées le 4 / 09 / 1986 - direction EST

Tableau n° 2

Ligne B 7

Sol unité n° 6

type : sols brun-rouges subarides peu différenciés sur sable éolien pauvre en argiles et limons

limites entre états de surface	distances	mesures radiométriques			végétation herbacée		types de surfaces élémentaires			
		nombre de mesures	canaux XS1	XS2	SPOT XS3	verte	sèche	42	35	45
1-2	14,0	5	180	285	460	10	10	.	80	20
2-3	12,0	5	181	292	453	5	5	.	20	80
3-4	7,0	3	180	283	456	10	15	.	60	40
4-5	11,0	4	176	276	439	15	20	.	80	20
5-6	15,0	6	166	258	424	10	55	80	20	.
6-7	9,0	4	167	261	419	15	5	20	80	.
7-8	14,0	6	187	303	462	20	30	.	20	80
8-9	21,0	8	173	272	431	25	45	.	20	80
9-10	13,0	5	169	258	427	30	50	.	20	80
10-12	8,0	3	198	325	472	25	25	.	80	20
12-13	2,0	1	195	315	474	30	60	.	20	80
13-14	15,0	6	178	283	437	20	30	.	90	10
14-15	9,9	4	182	288	441	30	40	.	80	20
15-16	16,8	7	168	259	393	20	30	.	80	20
16-17	9,8	4	185	288	445	15	25	.	25	75
17-19	22,3	8	172	320	441	25	35	.	90	10
19-20	18,0	7	178	296	429	25	35	.	80	20
20-21	17,3	6	185	311	433	20	30	.	70	30
21-22	24,1	8	180	298	436	20	40	.	80	20
22-23	25,8	11	169	266	423	25	35	.	90	10
23-24	8,0	3	175	273	415	20	40	.	70	30
24-25	9,0	4	166	252	402	20	30	.	80	20
25-26	15,8	6	174	248	421	20	30	.	100	.
26-28	7,9	3	180	288	437	15	20	60	40	.
28-29	14,8	6	181	289	447	15	25	.	90	10
29-30	10,7	4	187	301	459	15	25	.	90	10
30-31	11,3	5	176	279	432	15	25	.	90	10
31-32	19,9	8	167	254	428	15	20	.	80	20
32-33	8,4	3	127	174	377	20	20	.	90	10
33-35	5,8	3	158	250	394	30	20	.	100	.
35-36	19,4	7	176	285	437	25	20	.	90	10
36-38	16,0	7	182	294	455	25	15	.	90	10
38-39	10,2	4	165	257	417	20	30	.	50	50
39-40	16,8	6	160	245	396	20	25	.	90	10
40-41	11,0	5	181	291	430	20	15	.	80	20
41-42	8,0	3	171	270	416	10	5	100	.	.
42-43	36,0	9	170	270	438	20	20	.	100	.

Distance : 514,0

observations effectuées le 04/09/1986

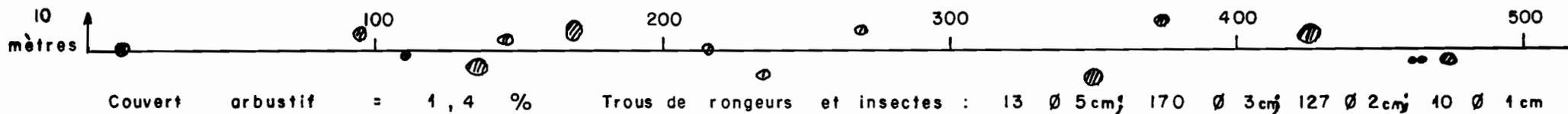
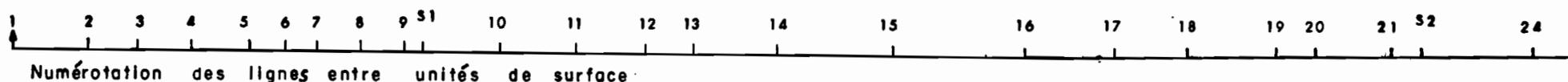
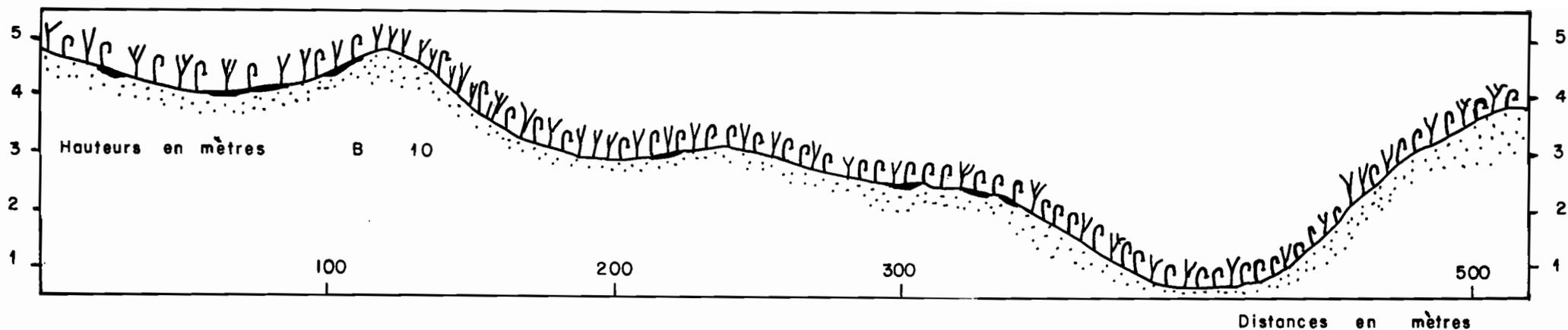


Figure n° 3 Ligne B 10 sol brun rouge subaride peu différencié sur jeune dune

Observations effectuées le 02 / 09 / 1986 direction : OUEST

Tableau n° 3

ligne B 10 Sol unité n° 6

type : sol brun rouge subaride peu différencié
sur sables éoliens pauvres en argiles et limons.

limites entre états de surface	distances	Mesures radiométriques nombre de mesures	canaux SPOT			végétation herbacée		types de sur- faces élémen- taires	
			XS1	XS2	XS3	verte	sèche	35	45
1-2	26,0	10	184	275	418	25	25	95	5
2-3	16,2	7	192	302	472	15	15	70	30
3-4	17,2	7	176	264	416	20	15	95	5
4-5	19,3	7	168	246	372	10	10	30	70
5-6	11,3	5	182	275	387	15	10	40	60
6-7	11,6	4	150	217	344	30	30	90	10
7-8	14,2	6	152	217	345	15	10	50	50
8-9	12,8	5	164	235	355	40	10	80	20
9-10	32,6	13	166	241	354	30	30	100	.
10-11	25,7	9	155	215	339	20	20	100	.
11-12	23,1	10	144	192	322	40	25	95	5
12-13	14,8	6	193	277	390	20	20	40	60
13-14	28,2	10	168	241	335	15	40	100	.
14-15	39,0	16	132	181	267	25	45	80	20
15-16	43,0	17	171	248	331	15	45	50	50
16-17	30,0	12	149	213	301	15	55	100	.
17-18	25,0	10	203	283	389	20	30	90	10
18-19	28,0	11	204	305	387	15	30	90	10
19-20	12,9	5	136	238	321	10	50	100	.
20-21	26,3	11	208	315	419	15	30	100	.
21-22	14,2	5	222	345	425	20	10	100	.
22-23	6,8	3	194	289	429	5	40	100	.
23-24	24,8	9	192	271	413	20	15	95	5

Distance : 503,0

observations effectuées le 02/09/1986

Ces différences semblent dues à une forte irrégularité spatiale des pluies, particulièrement faibles en juillet 1986 près de la ligne B9 (33 millimètres) également assez faibles près de la ligne B6 (49 millimètres).

En fin de saison sèche, le couvert herbacé sec est très faible (5 à 10 %) sur l'ensemble de l'erg récent.

Le couvert herbacé vert est à son maximum au début de mois d'août. Après quoi il entre progressivement en sénescence partielle jusqu'au début du mois de septembre, date à laquelle les pourcentages entre la matière sèche et la matière verte sont équilibrés.

A la fin du mois d'octobre, le couvert végétal est entièrement sec et la biomasse sèche a légèrement décru.

Particulièrement bien déliés à la fin de la saison sèche, les sables fins de l'erg récent se sont progressivement couverts d'une fine pellicule de dessiccation au cours de l'hivernage 1986 sans que soient apparues des traces de ruissellement.

- Répartition des états de surfaces sur les transects.

Nous avons choisi les lignes B7 et B10, décrites avec précision sur les tableaux n° 2 et 3, associés aux figures n° 2 et 3, pour représenter la répartition spatiale des états de surface sur la dune vêtue.

3.1.2. Les états de surface de l'erg ancien

- Couches géologiques superficielles :

Sables fins éoliens comprenant 50 à 60 % de sables fins, 30 % de sables grossiers et 10 à 20 % d'argiles et limons : 10 % en surface, 20 % en profondeur.

La couche de sables fins, enrichie en argiles et limons, repose sur un soubassement cuirassé qui se devine par la présence de débris gravillonnaires.

- Sols :

L'erg ancien ne présente pas la belle homogénéité pédologique de l'erg récent. Il est composé de plusieurs types de sols :

. les sols brun-rouges subarides peu différenciés, identiques à ceux de l'erg récent mais moins épais,

. les sols brun-rouges subarides à drainage limité en profondeur,

. les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés à drainage limité en profondeur, associés fréquemment à des sols gravillonnaires.

Les deux premiers présentent les mêmes caractéristiques physiques (conf. 3.1.1.). Les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés ont une porosité plus faible (20 %), une capacité de rétention hydrique assez faible (4 à 5 % au PF 3) et une forte perméabilité (18 cm/h).

- Relief :

Le relief de l'erg ancien est constitué d'une juxtaposition de dunes très émoussées longues de quelques centaines de mètres, hautes de 2 à 3 mètres, laissant apparaître de larges surfaces de sols gravillonnaires entre les dunes où se localisent les dépressions qui concentrent les eaux de ruissellement et la végétation.

- Méso-relief et micro-relief.

La surface du couvert sableux récent des cordons dunaires est très irrégulière ; buttes, micro-buttes et rides y sont fréquentes.

La surface des interdunes est formée de plaques lisses, érodées par le vent, dépourvues de végétation alternant avec des buttes de sables fins déliés et des dépressions de toutes tailles couvertes d'une végétation exubérante.

- Couvert herbacé, abondant sur les cordons dunaires, très abondant dans les dépressions, très faible (5 %) sur les zones encroûtées.

- Couvert arbustif et arboré de l'ordre de 10 %, concentré dans les dépressions des interdunes.

- Surfaces élémentaires

Tableau n° 4 : Répartition moyenne des surfaces élémentaires sur l'erg ancien en pourcentages de la surface totale.

Transects	Types de surface					Couvert végétal %
	33	34	42	43	45	
O 10	86	5	9	0	0	50
O 14	71	12	17	0	0	50
O 7	0	0	20	0	80	43
B 8	0	21	31	30	18	20

type 33 : Surface à recouvrement sableux d'origine éolienne.

type 34 : Surface à recouvrement de résidus végétaux et sableux fins dans les micro-dépressions sur erg ancien.

type 42 : Surface à pellicule plasmique sur erg ancien.

type 43 : Surface à pellicule plasmique et éléments grossiers ferrugineux.

type 45 : Surface à pellicules plasmiques discontinues sur sables fins avec fort couvert herbacé.

- Activité faunique importante sur les surfaces de type 33, 34 et 45 (rongeurs et insectes), faible sur les surfaces de type 42 et 43. Quelques termitières éparses. Traces fréquentes de passage du bétail, fécès dispersés.

- Activité éolienne importante : usure des surfaces à pellicule plasmique, déchaussement des arbres, accumulation de sables fins en buttes et micro-buttes.

- Activité hydrique : traces de ruissellement sur les surfaces à pellicule plasmique, formation de pellicules de décantation dans les dépressions et accumulation des eaux de ruissellement dans les espaces interdunes.

- Evolution des états de surface.

Au cours de l'hivernage 1986, la ligne B8 a fait l'objet d'observations régulières de son couvert végétal et de mesures régulières de biomasse (Léon BADIARA, décembre 1986).

L'accroissement de la production végétale y est plus lente que sur les transects situés sur l'erg récent et se prolonge jusqu'au début du mois de septembre : 6 g/m² fin juin, 50 g/m² fin juillet, 78 g/m² fin août.

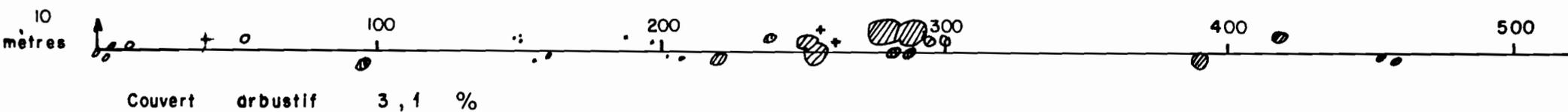
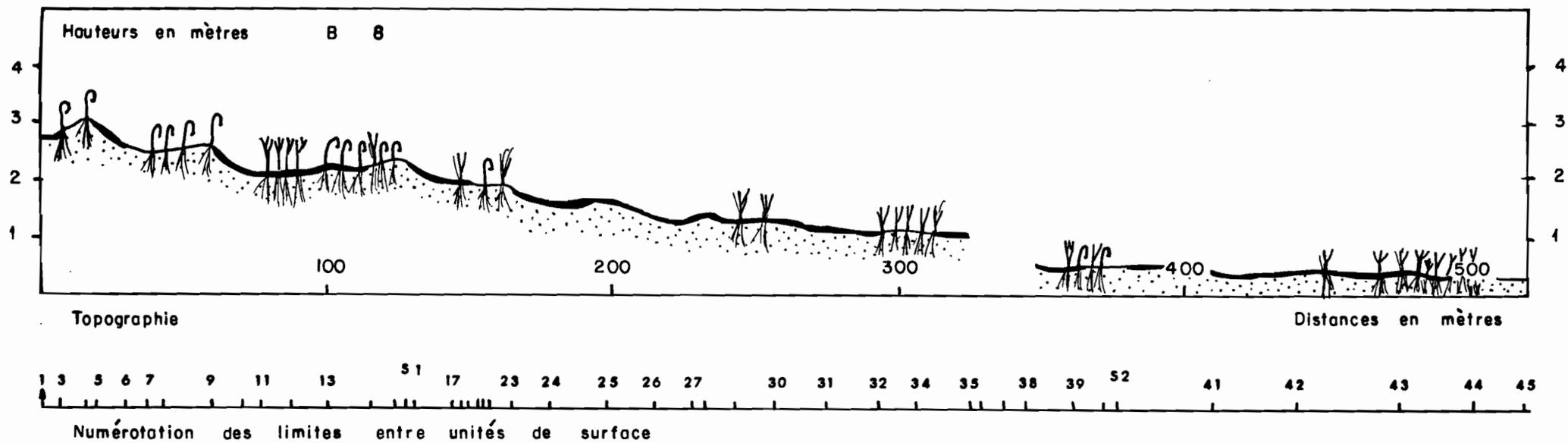


Figure n° 4 Ligne B 8 sol ferrugineux tropical peu lessivé sur sables éoliens - erg ancien

Observations effectuées le 03 / 09 / 1986 Direction EST

Tableau n° 5

Ligne B 8

Sol unité n° 10

type : sol ferrugineux tropical peu lessivé à drainage interne limité en profondeur sur sables gravillonnaires

limites entre états de surface	distances	Mesures radiométriques nombre de mesures	canaux SPOT			végétation herbacée		types de surfaces élémentaires			
			XS1	XS2	XS3	verte	sèche	42	45	43	34
1-2	1,0	•	•	•	•	60	20		100	•	•
2-3	12,4	5	196	324	429	5	1	100	-	•	•
3-4	9,0	4	200	333	453	2	30	5	95	•	•
4-5	4,0	1	166	259	445	5	25	5	95	•	•
5-7	17,8	7	178	318	441	3	2	95	5	•	•
7-8	5,9	3	151	225	327	5	45	50	50	•	•
8-9	16,8	7	199	326	465	5	20	10	90	•	•
9-10	10,5	4	184	317	396	2	1	100	•	•	•
10-11	6,3	2	194	219	397	1	1	•	•	•	100
11-12	10,7	4	111	110	375	80	5	•	•	•	100
12-13	13,5	6	164	239	374	5	5	•	•	•	100
13-14	14,7	6	122	160	331	10	60	•	20	•	80
14-15	7,9	3	164	242	395	10	40	10	90	•	•
15-16	7,7	3	223	350	434	5	5	50	50	•	•
16-17	13,2	5	181	311	391	5	1	90	10	•	•
17-19	5,0	2	197	312	426	20	10	50	50	•	•
19-20	3,6	2	198	320	400	5	1	80	20	•	•
20-22	1,4	•	•	•	•	2	30	•	100	•	•
22-23	11,0	5	190	299	385	10	10	20	80	•	•
23-27	62,0	24	185	291	371	1	1	100	•	•	•
27-29	15,0	5	201	306	356	1	0	100	•	•	•
29-30	14,0	5	188	279	403	20	5	90	10	•	•
30-31	18,0	7	216	307	401	2	2	•	•	100	•
31-32	18,0	8	228	321	391	4	4	•	20	80	•
32-33	4,0	1	190	261	370	80	10	•	•	•	100
33-34	11,2	5	126	145	329	20	10	•	70	30	•
34-38	36,8	14	202	310	365	5	0	•	5	95	•
38-39	15,7	7	185	283	336	5	0	•	5	95	•
39-40	11,2	4	162	228	336	40	40	•	100	•	•
40-41	38,3	15	185	280	343	1	0	•	•	•	100
41-42	29,9	12	195	295	344	1	0	•	•	•	100
42-43	35,9	15	184	275	341	15	2	•	•	•	100
43-44	25,0	10	134	173	308	80	2	•	5	•	95

Distance : 507,4

observations effectuées le 03/09/1987

La répartition des couverts herbacés sec et vert. y est sensiblement la même que sur les lignes B6, B7, B9 et B10 avec un maximum de développement du couvert végétal vert au début du mois d'août et une sénescence partielle dès le début du mois de septembre.

- Répartition des états de surface

Les lignes O10 et O14 ressemblent beaucoup aux lignes B7 et B10 avec un modelé éolien un peu plus mou.

Nous avons donc choisi, pour compléter la description de l'erg ancien, la ligne B8, caractéristique d'un espace interdunaire dénudé. Elle est interrompue à 300 mètres de son origine par un chenal de ruissellement large d'une vingtaine de mètres, au couvert arbustif très dense, non représenté sur la figure n° 4 et non décrit sur le tableau n° 5. Sur cette ligne, les surfaces élémentaires de type 42 et 45 se trouvent fréquemment associées sur des distances assez courtes, inférieures à 20 mètres. De longues surfaces dénudées alternent avec de courtes plages de sables fins. Les dépressions y sont longues : 50 mètres et 100 mètres, très partiellement recouvertes par la végétation herbacée.

3.1.3. Les états de surface des jupes sableuses

- Couches géologiques superficielles

Sables fins éoliens comprenant 40 à 50 % de sables fins, 35 à 45 % de sables grossiers, 10 à 20 % d'argiles et limons : 10 % en surface, 20 % en profondeur.

La couche de sables fins repose sur des substrats d'origine variée : des roches cristallines pour la ligne G1, une cuirasse très riche en fer pour la ligne O12, des gabbros au pied du massif de Kolel.

- Sols :

. Sols ferrugineux tropicaux peu lessivés à drainage interne limité en profondeur sur sables éoliens (lignes D1, G1, O5, O6, champs C2, C4),

. Sols ferrugineux tropicaux peu lessivés à drainage interne limité en profondeur sur altération verticale de roches basiques (champs C1, C3).

Les caractéristiques physiques de ces sols varient d'un sol à l'autre en relation avec la teneur en argiles : une porosité de 20 à 30 %, un taux d'humidité de 3 à 5 % au PF 3 et une perméabilité de 2 à 3 cm/h pour les sols les plus pauvres en argiles, une porosité de 5 à 10 %, un taux d'humidité de 4 à 6 % et une perméabilité de 1 cm/h pour les sols un peu plus argileux.

- Relief :

La pente des jupes sableuses situées au pied des massifs rocheux croît rapidement à l'approche des massifs puis décroît lentement de 5 % à 1 % en direction des glacis, en même temps que décroît l'épaisseur de la couche de sables fins.

Sur la frange sud de l'erg récent, les pentes sont plus faibles et dépassent rarement 2 %.

Le pied des massifs rocheux est entaillé de ravines, profondes de 1 à 2 mètres, larges de quelques mètres, qui servent de chenal de transit aux eaux de ruissellement en provenance des massifs rocheux puis disparaissent à l'approche des glacis.

- Méso-relief, micro-relief :

Le pourtour des massifs rocheux et la frange sud de l'erg récent sont parsemés de buttes anthropiques qui se signalent dans le paysage par un compactage de la surface du sol, l'absence de végétation et l'abondance des tessons de poteries et de pierres de toutes tailles.

Le micro-relief des surfaces couvertes de sables fins déliés rappelle celui des cordons dunaires de l'erg ancien.

Les champs cultivés ont un micro-relief qui varie au cours de la saison des pluies : peu marqué en début et en fin d'hivernage, il est constitué de petites buttes artificielles et temporaires créées par les paysans pendant le sarclage.

- Couvert herbacé abondant sur les sables fins déliés, très clairsemé sur les zones encroûtées, temporaire sur les champs cultivés.

Peuplement végétal cultivé très irrégulier sur les champs localisés au pied des massifs rocheux (champs C1 et C3) plus homogène sur la frange sud de l'erg récent (champs C2 et C4).

- Couvert arbustif dispersé, couvert arboré rare : taux de recouvrement arbustif et arboré inférieur à 5 %.

- Surfaces élémentaires.

Tableau n° 6 : Répartition moyenne des surfaces élémentaires sur les jupes sableuses non cultivées en pourcentages de la surface totale.

Transects	Types de surface élémentaires						Couvert végétal en %
	32	33	34	42	43	44	
D1	91	0	3	0	6	0	39
G1	50	37	0	0	13	0	63
O5	85	0	0	15	0	0	54
O6	63	0	0	34	0	0	* 20
O12	36	0	0	54	0	10	* 20

Tableau n° 7 : Répartition moyenne des surfaces élémentaires sur les champs cultivés en pourcentages de la surface totale.

Champs	Types de surfaces élémentaires				Couvert végétal en %
	37	42	45	47	
C1	41	32	0	27	10
C3	55	6	39	0	10
C2	84	0	16	0	13
C4	100	0	0	0	8,5

type 32 : Surface des micro-buttes très enherbées à recouvrement sableux éolien.

type 33 : Surface à recouvrement sableux épais d'origine éolienne sur glacis.

type 34 : Surface à recouvrement de résidus végétaux (80 %) et sables fins dans les micro-dépressions de l'erg ancien.

type 37 : Surface à recouvrement sableux éolien, enherbée, sur dunes et aval de jupes de piémont.

type 42 : Surface à pellicule plasmique sur erg ancien.

type 43 : Surface à pellicule plasmique et éléments grossiers.

type 44 : Surface des micro-buttes à pellicule plasmique.

- type 45 : Surface à recouvrement sableux éolien épais sur jupe de piémont et dunes fixées.
- type 47 : Surface à recouvrement pelliculaire desquamé des dépressions topographiques.

- Activité faunique importante sur les surfaces de types 32, 33, 34, 37 et 45 (rongeurs et insectes), faible sur les autres types de surface ; quelques termitières. Traces fréquentes de passage du bétail, en particulier sur les zones cultivées en dehors de la période de culture, fécès plus nombreux que sur l'erg récent et l'erg ancien couvrant localement les champs d'un tapis noir en fin de saison sèche. Les paysans assurent ainsi la fumure de leurs champs en y laissant stationner les troupeaux.

- Activité éolienne importante qui se manifeste par l'usure des surfaces lisses à pellicule plasmique et l'accumulation de sables fins en buttes, rides et micro-buttes au cours de la saison sèche.

- Activité hydrique : traces de ruissellement sur les surfaces à pellicule plasmique et grano-classement dans les chenaux de ruissellement diffus ; érosion linéaire active des eaux en provenance des massifs rocheux qui incisent profondément les jupes sableuses ; déchaussement des touffes de mil et dépôts de brins d'herbe sur les racines et les tiges de mil dans les champs situés au pied des massifs rocheux.

- Evolution des états de surface

L'évolution du couvert herbacé est analogue à celle qui prévaut sur l'erg ancien avec quelques différences sensibles d'un site à l'autre. Au pied du massif rocheux de Kolel (ligne G1), la sénescence du couvert herbacé s'est manifestée plus tardivement en 1986 que sur les autres sites. Au début du mois de septembre, le couvert herbacé vert (43 %) y est encore deux fois plus important que le couvert herbacé sec (18 %). Une meilleure pluviosité dans cette partie du bassin à la fin du mois d'août 1986 est la cause de cette sénescence plus tardive.

L'humectation superficielle des surfaces à pellicule plasmique provoque temporairement une perte de cohésion de l'horizon superficiel qui se traduit par une moindre résistance à la pénétration et une plus grande vulnérabilité à l'érosion hydrique. Cet état dure peu et le sol retrouve rapidement, un ou deux jours après une pluie, son état superficiel initial.

Les états de surface des champs cultivés évoluent constamment au cours de l'année et plus particulièrement au cours de la saison des pluies.

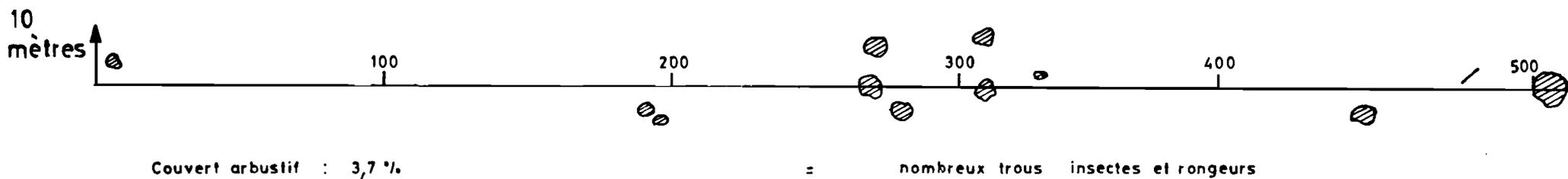
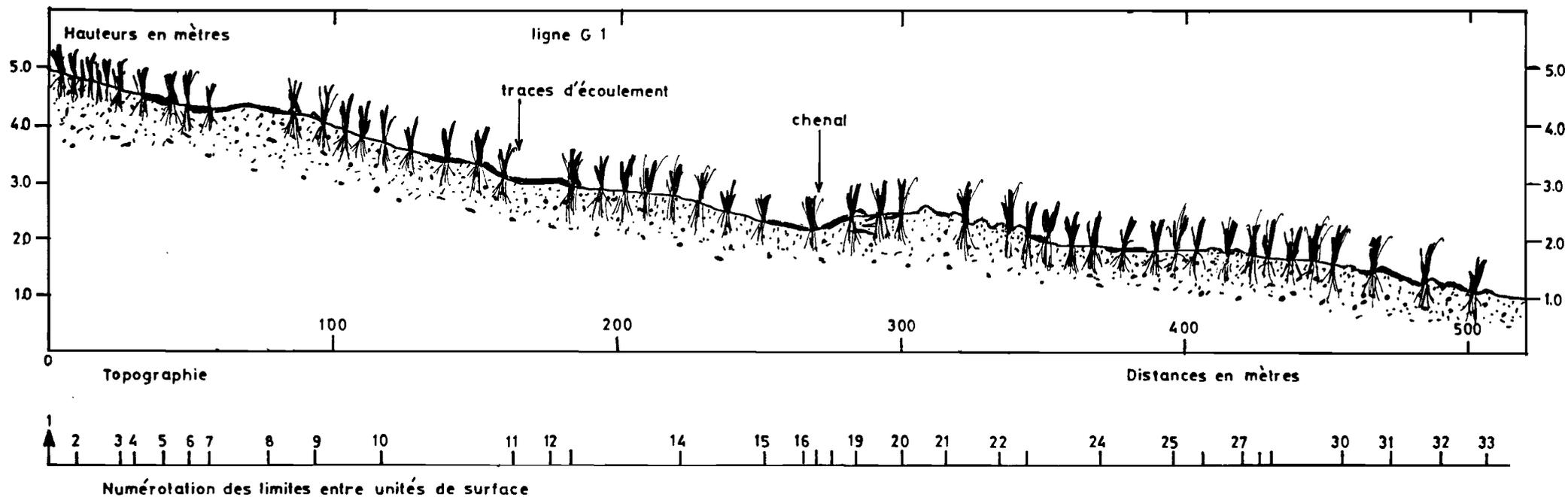


Figure n° 5 Ligne G 1 Sols ferrugineux tropicaux peu lessivés a drainage interne limité en profondeur

Tableau n° 8

Ligne G1 : Sol unité n° 9

Sols ferrugineux tropicaux peu lessivés
à drainage interne limité en profondeur

Limites entre états de surface	Distances	Végétation herbacée		Types de surfaces élémentaires		
		verte en %	sèche en %	32	33	43
1-2	10	25	5	0	100	0
2-3	14	60	5	100	0	0
3-4	5	20	2	100	0	0
4-5	11	10	1	0	70	30
5-6	9	50	1	100	0	0
6-7	5	7	1	0	0	100
7-8	23	1	0	0	10	90
8-9	16	15	2	0	100	0
9-10	24	60	1	84	0	16
10-11	46	30	5	100	0	0
11-12	13	2	1	0	5	95
12-13	8	20	5	0	100	0
13-14	38	50	5	100	0	0
14-15	30	40	7	100	0	0
15-16	13	10	2	0	40	60
16-17	4	60	15	100	0	0
17-18	5	2	0	0	0	100
18-19	9	25	5	0	100	0
19-20	16	30	5	80	0	20
20-21	15	2	1	0	73	27
21-22	21	20	10	0	86	14
22-23	11	30	5	0	100	0
23-24	23	50	10	100	0	0
24-25	25	30	10	0	50	50
25-26	11	60	10	100	0	0
26-27	15	20	2	0	100	0
27-28	6	50	10	100	0	0
28-29	4	0	0	0	0	100
29-30	25	60	10	100	0	0
30-31	17	20	2	0	88	12
31-32	17	15	2	0	82	18
32-33	17	10	5	0	76	24

Distance : 506 mètres observations faites le 22/07/1986.

En fin de saison sèche, le micro-relief y est peu marqué, quelques tiges de mil jonchent le sol ; les pieds de mil secs de l'année précédentes sont arrachés et brûlés au début du mois de juin. Dès les premières pluies assez fortes, vers la fin du mois de juin, les femmes et les enfants sèment le mil en poquets et la surface des champs se modifie peu jusqu'à la fin du mois de juillet, date à laquelle le mil est peu développé et les plantes adventices gêneraient la croissance du Mil si elles n'étaient arrachées par le sarclage, opération qui favorise aussi l'infiltration des eaux de pluie en augmentant considérablement la rugosité du sol et en brisant les pellicules superficielles formées au début de l'hivernage.

Un deuxième sarclage est souvent nécessaire au début du mois de septembre après les fortes pluies du mois d'août qui nivellent la surface des champs, permettent aux pellicules superficielles de se reconstituer et favorisent la croissance des plantes adventices. Si les pluies sont suffisantes, le Mil connaît son plein développement vers la mi-septembre. Les récoltes ont lieu en octobre et se prolongent jusqu'au début du mois de novembre.

Après les récoltes, les troupeaux sont autorisés à pénétrer dans les champs, consomment une partie des feuilles et des tiges restées sur pied, piétinent les surfaces et y laissent leurs déjections.

Les vents de saison sèche réorganisent légèrement la surface des champs lissant les surfaces nues, créant des rides et nourrissant de sable fin les buttes enherbées.

- Répartition des états de surfaces sur les transects

Les lignes D1, G1 et O5 diffèrent peu des lignes O10 et O14 situées sur l'erg ancien si ce n'est par l'absence de cordons dunaires. Les surfaces de type 33 et 43 y sont souvent associées sur des distances assez courtes comme l'indique le tableau n° 8 qui décrit la ligne G1.

Les lignes O6 et O12 sont plus proches des lignes O7 et B8 par l'extension de leurs surfaces nues dépourvues de végétation, mais elles ne possèdent pas les dépressions ni les micro-dépressions caractéristiques de l'erg ancien. La pente régulière des jupes sableuses permet en effet un drainage continu du ruissellement.

3.1.4. Les états de surface des placages sableux sur glacis et interfluves

- Couches géologiques superficielles

Sables fins éoliens en couches épaisses de quelques centimètres à une dizaine de centimètres mélangés à des sables grossiers, à des gravillons ferrugineux et à des graviers, enrichis en argiles et limons au contact de substrats plus riches en éléments fins.

La couche de sables fins repose sur des substrats d'origine très variée, aussi variée que les types de glacis.

- Sols

Nous examinerons en détail les différents types de sols formant le substrat des couches sableuses éoliennes superficielles lorsque nous étudierons les états de surface des glacis.

La couche sableuse superficielle est composée de 40 à 50 % de sables fins, 40 à 45 % de sables grossiers et de 10 à 20 % d'argiles et limons . Sa perméabilité est moyenne : 2 à 4 cm/h. Sa composition peut varier dans d'assez fortes proportions en relation avec son épaisseur.

- Relief

Les glacis sont des surfaces planes à faible pente, caractérisées par un ruissellement diffus drainé partiellement par des thalwegs peu profonds où se concentre la végétation.

- Méso-relief, micro-relief

Les chenaux de ruissellement contournent et entourent les placages sableux éoliens en microbuttes, buttes et plages longues parfois de plus de 20 mètres mais le plus souvent de quelques mètres.

L'érosion hydrique crée localement, sur de légères ruptures de pente, des micro-marches d'escalier. De petites dépressions se forment en amont des placages sableux.

- Couvert herbacé assez abondant sur les placages sableux dépourvus de pellicule plasmique continue et dans les dépressions. Le taux de recouvrement y varie de 30 à 60 %.

- Couvert arbustif et arboré faible, taux de recouvrement inférieur à 5 %. Nombreux arbres morts sur les lignes K6, G3 et B3.

- Surfaces élémentaires

Nous limiterons le tableau descriptif des répartitions moyennes des surfaces élémentaires, aux seules lignes couvertes à plus de 30 % par des sables fins, c'est-à-dire aux lignes B5 et K6 sur sols bruns et B3 et G5 sur arènes granitiques et sols ferrugineux tropicaux lessivés.

Tableau n° 9 : Répartition moyenne des surfaces élémentaires sur les placages sableux des glacis et interfluves.

Transects	Types de surfaces élémentaires						Couvert herbacé en %
	11	20	30 32	40	46	-	
Glacis sur sols bruns	11	20	30 32	40	46	-	herbacé en %
B 5	14	0	33	50	3	-	35
K 6	0	8	35	51	6	-	13
Glacis arénacés	10	12	21	31 32	41	47	couvert herbacé en %
B 3	0	3	31	33	22	11	35
G 5	2	0	35	21	32	10	31

Les surfaces élémentaires caractéristiques des placages sableux éoliens sont les surfaces de types 30, 31, 32, 46 et 47 :

type 30 : Surface à recouvrement sableux éolien peu épais sur sols bruns.

type 31 : Surface à recouvrement sableux éolien peu épais sur arènes granitiques.

type 32 : Surface des micro-buttes sableuses éoliennes très enherbées.

type 46 : Surface à pellicule rebroussée.

type 47 : Surface à recouvrement pelliculaire desquamé des dépressions topographiques.

Les surfaces élémentaires de types 46 et 47 témoignent d'une forte activité hydrique qui dépose des couches successives de sables fins et d'argiles dans les dépressions.

- Activité faunique très faible.

- Activité éolienne peu perceptible si ce n'est pas l'existence des buttes et placages sableux.

- Activité hydrique intense à la périphérie des placages sableux éoliens : épandages sableux granoclassés en longues écharpes orientées dans la direction des courants, pellicules de décantation dans les dépressions.

- Evolution des états de surface des placages sableux.

Les lignes B3 et B5 ont fait l'objet d'un suivi de leur couvert végétal au cours de l'hivernage 1986.

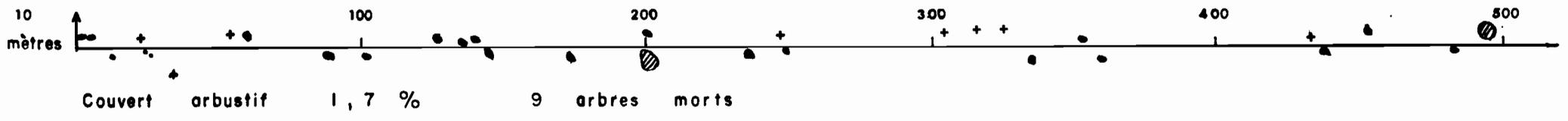
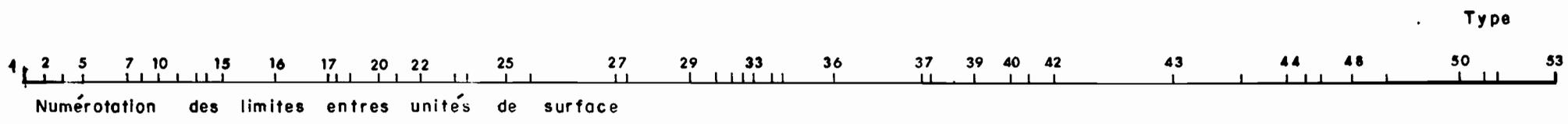
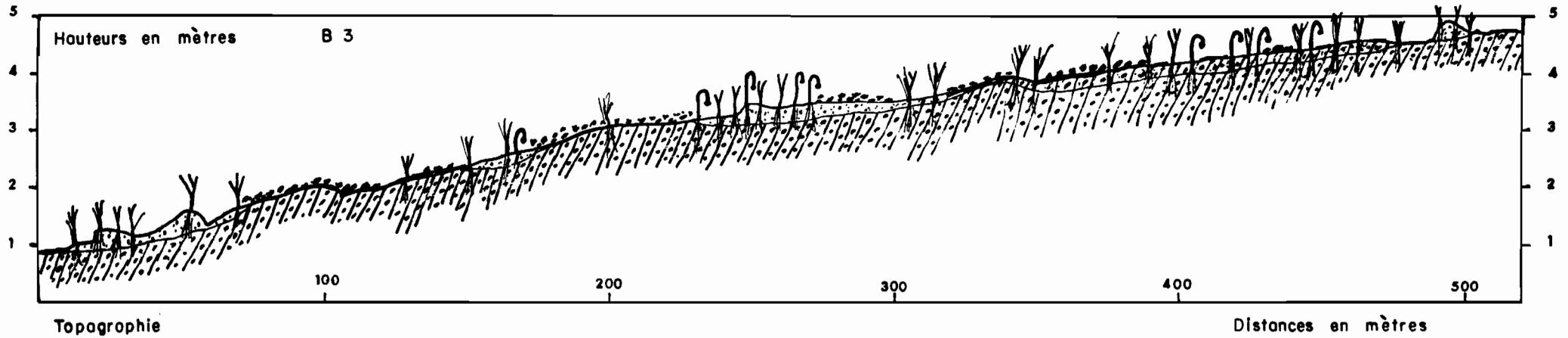


Figure n° 6 Ligne B 3 - glacis sur sol ferrugineux tropical lessivé sur granite
 Observations effectuées le 30 / 08 / 1986 - direction SUD 225 grades

limites entre états de surface	distances	mesures radiométriques				végétation herbacée		types de surfaces élémentaires					
		nombre de mesures	XS1	XS2	XS3	verte	sèche	41	12	21	47	31	10
1-2	8	3	212	278	348	1	.	100	.	.	.	.	.
2-4	6	3	165	242	297	15	30	.	.	.	.	100	.
4-5	6	2	213	217	297	2	.	100	.	.	.	.	.
5-7	15	6	147	209	300	50	5	.	.	.	.	100	.
7-9	5	2	125	170	272	30	5	10	.	.	90	.	.
9-10	6	2	200	290	348	.	.	30	.	20	.	50	.
10-12	13	5	148	216	279	15	15	.	.	.	.	90	10
12-14	3	2	165	245	304	.	.	50	.	.	50	.	.
14-15	5	2	172	256	312	10	15	.	.	.	.	100	.
15-17	36,2	14	200	313	328	2	1	70	30	.	.	.	.
17-19	6,5	3	194	281	350	7	1	60	10	.	.	30	.
19-21	16,3	6	206	308	335	2	1	60	.	40	.	.	.
21-22	8,2	4	165	241	309	20	10	.	.	.	.	100	.
22-23	11,8	4	198	303	349	5	1	60	.	40	.	.	.
23-24	3	1	215	328	352	5	1	100	.	.	.	.	.
24-25	4	2	204	306	338	5	35	.	.	.	.	100	.
25-26	10,5	4	216	237	350	5	1	60	.	.	.	40	.
26-27	8,4	3	143	217	293	25	25	.	.	.	.	100	.
27-28	28,7	11	209	319	347	2	1	20	.	80	.	.	.
28-29	3,8	2	194	291	346	10	2	8	.	.	.	92	.
29-30	21,9	8	195	302	328	1	1	5	.	95	.	.	.
30-31	8,5	4	170	257	294	15	25	10	.	.	.	90	.
31-33	9,2	3	123	171	248	25	5	.	.	.	30	70	.
33-35	9,4	3	169	259	295	20	20	0	.	.	.	100	.
35-36	4,0	2	164	243	314	.	.	.	.	100	.	.	.
36-37	18,0	7	146	208	272	20	15	.	.	.	.	100	.
37-38	12,0	5	203	302	344	.	1	35	.	65	.	.	.
38-39	18,0	7	155	240	305	20	10	10	.	40	.	50	.
39-40	17,8	6	172	253	324	20	5	5	.	.	.	95	.
40-41	12,2	5	164	244	305	5	1	5	.	85	.	10	.
41-43	15,3	6	190	290	360	20	5	5	.	95	.	.	.
43-44	41,3	17	186	278	340	10	2	20	.	60	.	20	.
44-46	39,1	15	182	285	338	20	40	.	.	.	100	.	.
46-48	10,0	4	201	309	385	5	2	.	.	100	.	.	.

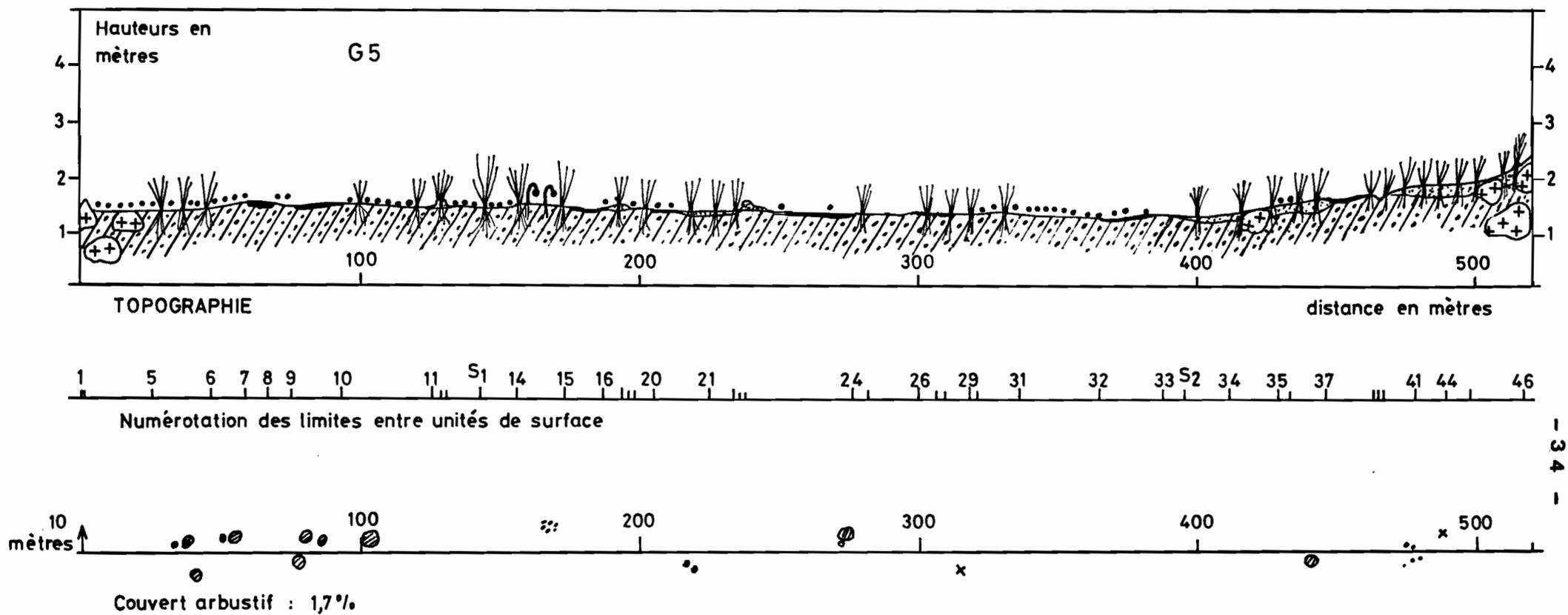


Figure n° 7 Ligne G5 sol ferrugineux tropical lessivé sur granite
 Observations effectuées le 03/09/1986 direction : SUD

Tableau n° 11

ligne G 5 Sol unité n° 12

type : sol ferrugineux tropical lessivé sur arène granitique

limites entre états de surface	distances	mesures radiométriques nombre de mesures	canaux SPOT			végétation herbacée		types de surfaces élémentaires							
			X31	X32	X33	verte	sèche	41 %	12 %	21 %	47 %	31 %	32 %	10 %	
1-4	2,5	1	213	334	484	.	.	.	.	.	.	.	.	30	70
4-5	22,5	9	200	313	429	5	1	.	.	80	.	10	.	.	10
5-6	22,0	8	107	250	425	30	5	.	.	80	.	20	.	.	.
6-7	12,0	5	97	294	379	1	1	5	.	95	.	.	.	.	.
7-8	8,0	3	115	308	396	.	.	90	.	10	.	.	.	.	.
8-9	9,0	3	114	302	394	1	0	.	.	100	.	.	.	.	.
9-10	17,9	7	152	337	404	2	1	90	.	10	.	.	.	.	.
10-11	33,4	14	172	271	408	10	2	20	.	70	.	10	.	.	.
11-13	4,5	2	170	361	445	15	5	.	.	.	.	50	50	.	.
13-14	26,6	10	160	299	387	10	1	.	.	100	.	.	.	.	.
14-15	16,5	7	156	340	387	15	35	10	.	.	.	90	.	.	.
15-16	13,1	4	184	256	370	5	1	90	.	10	.	.	.	.	.
16-18	9,5	4	184	304	377	10	2	5	.	50	.	.	.	45	.
18-19	2,2	1	178	346	420	2	.	100	.	.	.	.	.	.	.
19-20	5,3	2	144	322	400	20	5	.	.	20	.	80	.	.	.
20-21	20,2	8	162	304	433	10	5	50	.	40	.	10	.	.	.
21-23	8,9	4	104	266	381	25	5	.	.	.	.	.	100	2	.
23-24	40,6	14	233	329	384	3	1	90	.	10	.	.	.	.	.
24-25	5,0	2	189	294	350	20	5	.	.	.	.	100	.	.	.
25-26	13,0	7	197	302	348	2	1	100	.	.	.	.	.	.	.
26-27	6,0	3	190	287	322	20	5	.	.	.	100	.	.	.	.
27-28	4,0	2	190	282	326	5	1	100	.	.	.	.	.	.	.
28-29	9,0	3	200	299	340	25	5	5	.	15	.	80	.	.	.
29-30	2,3	1	215	313	378	5	.	100	.	.	.	.	.	.	.
30-31	15,5	6	136	275	359	10	5	20	.	70	.	10	.	.	.
31-32	28,0	11	175	258	302	2	1	20	.	75	.	5	.	.	.
32-33	23,8	10	176	258	304	7	1	50	.	50	.	.	.	.	.
33-34	24,6	10	195	277	346	15	5	10	.	10	80	.	.	.	.
34-35	17,6	7	225	325	380	25	5	10	.	.	90	.	.	.	.
35-36	3,7	1	229	327	384	5	1	.	.	100	.	.	.	.	.
36-37	13,0	5	191	251	377	45	2	.	.	.	100	.	.	.	.
37-38	16,8	7	201	282	350	5	1	90	.	.	.	10	.	.	.
38-40	2,7	1	206	379	397	50	10	100	.	.	.	.	.	.	.
40-41	13,2	6	218	294	368	5	20	20	.	.	.	80	.	.	.
41-43	1,8	1	183	236	348	60	.	.	.	.	.	.	100	.	.
43-44	9,0	3	210	306	324	40	5	25	.	.	.	75	.	.	.
44-45	8,0	3	200	262	347	40	5	.	.	.	.	100	.	.	.
45-46	20,0	8	186	244	340	.	.	.	.	10	.	.	60	30	.

distance : 517,7 mètres

observations effectuées le 03/09/1986

La production de matière végétale herbacée commence lentement sur les deux transects et atteint son maximum au début du mois de septembre avec une production moyenne de 60 à 80 g/m², alors que la biomasse sèche n'est que de 10 à 15 g/m² au début du mois d'août et de 5 g/m² au début du mois de juillet. A la fin du mois d'octobre 1986, la biomasse sèche n'est plus que de 30 à 40 g/m² sur les lignes B3 et B5, ce qui semble indiquer une nette préférence des troupeaux pour les pâturages de glacis en fin d'hivernage.

La végétation verte prédomine nettement pendant les mois d'août et septembre sur la végétation sèche, mais la sénescence, commencée vers la mi-septembre, est complète à la fin du mois d'octobre. Le couvert herbacé est encore bien visible en fin de saison sèche (20 à 30 %) et il se modifie peu au cours de l'hivernage, ne dépassant pas 30 à 40 %. Ces valeurs moyennes masquent cependant une forte hétérogénéité caractérisée par une concentration du couvert herbacé sur les placages sableux.

- Répartition des états de surface des placages sableux sur les glacis.

Nous avons choisi les lignes B5 et G5 pour représenter les états de surface des glacis couverts de placages sableux, la ligne B5 étant installée sur un sol brun subaride modal et la ligne G5 sur un sol ferrugineux tropical lessivé issu de granites.

Les placages sableux fins déliés (type 30) sont fréquemment associés sur la ligne B5 aux éléments grossiers et aux sols nus à pellicule plasmique (type 40).

Sur la ligne G5, les placages sableux fins déliés (types 31 et 32) sont souvent associés aux affleurements rocheux formés de boules de granite, plus rarement aux sols nus (type 41) et aux sols couverts de sables grossiers (type 21).

La taille des plages sableuses éoliennes varie de quelques mètres à une vingtaine de mètres.

3.2. Les états de surface des massifs rocheux, buttes cuirassées, crêtes et inselbergs

3.2.1. Les états de surface des massifs rocheux

- Couches géologiques superficielles

Les massifs rocheux de Kolel et de Warga, au sud de la mare d'Oursi, sont constitués exclusivement de gabbros avec des inclusions de magnétite à la limite nord du massif de Kolel. Sur les massifs rocheux de Gouba et de Tin Edjar, les gabbros, riches en magnétite, n'affleurent qu'au coeur des massifs. Ils sont recouverts partout ailleurs d'une cuirasse ferrugineuse dont l'épaisseur varie de 1 à 5 mètres et qui prend les allures d'une brèche de pente (canga) sur les flancs du massif de Tin Edjar.

Le massif de Tchalol, entre les massifs de Gouba et de Warga est formé d'une série de roches métamorphiques schisteuses et quartzitiques qui engendrent des reliefs moins importants : collines, crêtes, croupes.

- Sols

Les sols des massifs rocheux sont des sols minéraux bruts non climatiques d'érosion (lithosols). La partie du massif de Tchalol située entre les collines et les crêtes est couverte de sols bruns subarides vertiques en association avec des sols bruns subarides modaux et des sols gravillonnaires.

- Relief

Les massifs de gabbros constituent les principaux reliefs de la région d'Oursi : 448 mètres au sommet du massif de Kolel, 498 mètres au sommet du massif de Tin Edjar, 460 sur celui de Gouba et 432 sur celui de Warga.

Les plus hautes collines du massif de Tchalol ne dépassent pas 376 mètres.

Le pied des massifs rocheux est proche de la cote 330 mètres pour ceux qui sont situés au sud de la mare (Kolel et Warga), proche de la cote 350 mètres pour les massifs situés à l'ouest de la mare d'Oursi (Gouba et Tin Edjar).

- Méso-relief

Le méso-relief des massifs rocheux est très tourmenté. Les versants des massifs de Kolel et de Warga, sillonnés de ravins, sont recouverts de boules grossières qui reposent sur une altérite argilo-limoneuse rouge.

Le méso-relief du massif de Tin Edjar est formé de surfaces planes cuirassées très pentues coupées de thalwegs remplis d'éboulis grossiers.

Le méso-relief du massif de Gouba est constitué d'une dalle sommitale cuirassée fissurée surmontant un talus à gros blocs basculés prolongé par des versants couverts d'éboulis et par des versants cuirassés.

Dans le massif de Tchalol, les bancs de quartzite, plus résistants que les schistes, forment des crêtes étroites et allongées surmontant de plusieurs dizaines de mètres les glacis les plus proches. Les schistes engendrent çà et là des dômes jonchés de pierres et de blocs lités.

- Couvert herbacé localisé sur les sables fins éoliens qui se déposent entre les blocs rocheux et dans le creux des thalwegs.

- Couvert arbustif et arboré dispersé, bien implanté sur les massifs de Warga et de Kolel entre les boules de gabbros, plus rare sur les massifs de Tin Edjar et de Gouba où il semble avoir beaucoup souffert de la récente sécheresse.

- Surfaces élémentaires

Tableau n° 12 : Répartition moyenne des surfaces élémentaires sur les massifs rocheux en pourcentages de la surface totale.

Transects	Types de surfaces élémentaires				Couvert végétal herbacé
	10	11	20	30	
K 11	0	65	19	16	6
O 13	0	90	5	5	2

type 10 : Roche nue

type 11 : Surface à éléments grossiers ferrugineux

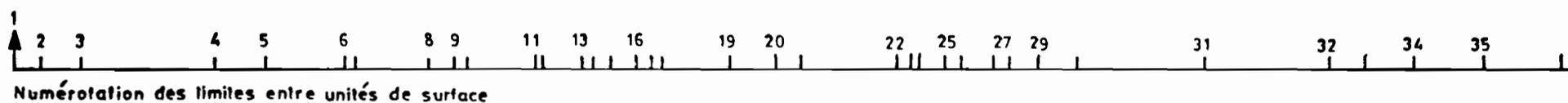
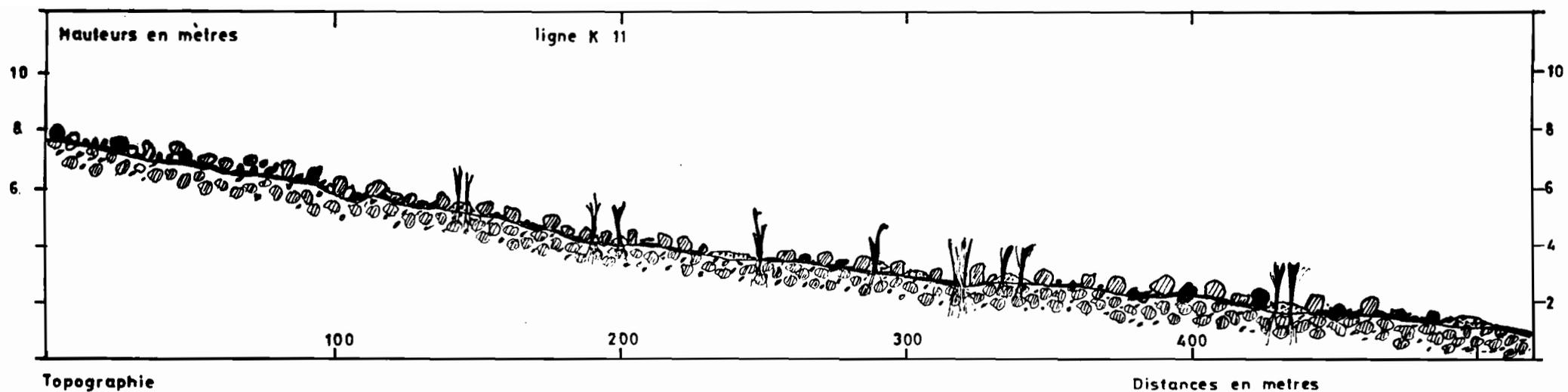
type 20 : Surface à sables grossiers ferrugineux

type 30 : Sables fins peu épais sur sols bruns.

- Activité faunique peu importante. Les massifs rocheux servent toutefois de refuge aux animaux sauvages (chats sauvages, caracals). Les chèvres et les moutons pâturent volontiers sur les flancs des massifs rocheux.

- Activité éolienne de dépôt de sables fins entre les éléments grossiers et les boules de gabbros.

- L'activité hydrique se manifeste dans le paysage par l'existence de thalwegs encaissés et de profondes ravines qui entaillent les flancs des massifs rocheux.



1
3
0
1



Figure n° 8 Ligne K 11 Lithosols

Tableau n° 13

Ligne K11 : Sols : unité n° 2

Lithosols sur roches métamorphiques.

Limites entre états de surface	Distances	Végétation herbacée		Types de surfaces élémentaires				
		verte en %	sèche en %	11	20	30	40	47
1-2	8	0	0	80	20	0	0	0
2-3	13	0	0	2	90	8	0	0
3-4	43	0	0	75	20	5	0	0
4-5	17	1	1	2	90	8	0	0
5-6	26	1	1	45	45	10	0	0
6-7	3	1	1	0	0	0	0	100
7-8	23	0	0	65	30	5	0	0
8-9	8	50	10	0	0	100	0	0
9-10	4	1	1	15	20	10	55	0
10-11	27	1	0	50	49	1	0	0
11-12	1	30	10	0	0	0	100	0
12-13	14	0	0	80	20	0	0	0
13-14	3	20	10	0	0	100	0	0
14-15	6	1	2	50	20	30	0	0
15-16	8	35	10	2	5	93	0	0
16-17	4	0	0	85	0	15	0	0
17-18	3	20	5	0	0	100	0	0
18-19	23	0	0	90	0	10	0	0
19-20	17	0	0	0	0	100	0	0
20-21	6	40	5	10	0	90	0	0
21-22	31	0	0	90	0	10	0	0
22-23	3	50	5	0	0	100	0	0
23-24	2	0	0	20	0	80	0	0
24-25	11	0	0	60	10	30	0	0
25-26	4	1	1	10	0	90	0	0
26-27	17	0	1	50	0	10	40	0
27-28	4	90	5	1	0	99	0	0
28-29	10	0	0	90	0	10	0	0
29-30	12	30	5	0	0	100	0	0
30-31	43	0	0	43	42	15	0	0
31-32	37	0	0	90	0	10	0	0
32-33	11	60	10	0	0	100	0	0
33-34	17	10	2	50	0	50	0	0
34-35	22	0	0	50	20	30	0	0
35-36	20	1	1	10	20	70	0	0

Distance totale : 501 mètres. Observations faites le 23/07/86

- Evolution des états de surface

La surface des roches et des éléments grossiers évolue très lentement. Le couvert végétal suit sensiblement la même évolution que sur les glaciers. Plus difficile d'accès pour le bétail, il se maintient plus longtemps en touffes bien dressées au-dessus du sol.

- Répartition des états de surface sur les transects.

La ligne K11 est décrite sur le tableau n° 13 et dessinée sur la figure n° 8 page 39.

Les éléments grossiers, cailloux et graviers, y sont associés à des sables grossiers ferrugineux et à des sables fins qui se glissent entre les éléments grossiers.

Quelques placages sableux un peu plus épais et plus étendus permettent à la végétation herbacée de s'installer.

3.2.2. Les états de surface des buttes cuirassées

- Couches géologiques superficielles.

Les buttes cuirassées sont toutes localisées au sud de la mare d'Oursi entre les massifs de Gouba et de Kolel. Les buttes de Kouni-Kouni, entre les massifs de Kolel et Warga, sont chapeautées par une cuirasse pisolithique vacuolaire puissante d'une quinzaine de mètres qui repose sur des argiles roses au substratum granitique. Le chapeau protecteur des 3 buttes cuirassées de Tchalol est une cuirasse épaisse de 5 à 6 mètres qui protège une couche d'altérites roses sur un substratum de roches métamorphiques. Au nord du massif de Warga, une série de buttes et de crêtes sont couronnées de cuirasses moins épaisses mais assez cohérentes pour protéger un horizon inférieur argileux sur un substratum de roches métamorphiques.

- Relief

Les buttes cuirassées les plus élevées atteignent 370 à 380 mètres d'altitude et les plus basses ne dépassent pas l'altitude de 350 mètres. Les sommets des buttes sont des plateformes profondément fissurées surplombant des talus encombrés de gros blocs détachés de la corniche supérieure. Le pied des buttes est couvert d'éléments grossiers moins volumineux mais plus nombreux, ennoyés de sables fins et de sables grossiers.

La pente des talus est très forte mais le raccordement aux glaciers voisins se fait sans transition.

- Sols

Les sols des buttes cuirassées sont des lithosols.

- Couvert herbacé rarissime, localisé sur les sables fins déposés au creux des anfractuosités de la surface cuirassée, plus abondant au pied des buttes.

- Couvert arbustif et arboré très rare implanté dans les fissures de la cuirasse.

- Surfaces élémentaires

La ligne K12 est couverte à 90 % du type n° 10 sous la forme d'une surface cuirassée très rugueuse faite de bosses et de dépressions de toutes tailles.

Quelques placages sableux éoliens et des fissures se partagent 10 % de la surface des plateformes cuirassées.

- Activité faunique très réduite.

- Activité éolienne limitée aux dépôts sableux.

- Activité hydrique de sappe des plateformes cuirassées par érosion des couches inférieures argileuses. L'infiltration des eaux dans les fissures de la cuirasse provoque une circulation des eaux sous la cuirasse au contact des niveaux plus argileux.

La concentration locale des écoulements provoque des effondrements de la surface.

- Evolution des états de surface

La végétation arbustive des buttes cuirassées semble avoir souffert de la longue période sèche survenue depuis une dizaine d'années dans cette partie de l'Oudalan. L'évolution des surfaces n'est pas sensible à l'échelle d'une saison des pluies si ce n'est par le remplissage temporaire des dépressions par les eaux de pluies et la régénération du maigre couvert herbacé.

3.2.3. Les états de surface des inselbergs et amas granitiques

- Couches géologiques superficielles

Les inselbergs et les chaos granitiques se rencontrent sur tous les types de granites de la région d'Oursi : les granites calco-alcalin de type Pétoy - Gountouré, les granites à biotite et amphibole de type Taïma et les granites alcalins à gros grains de type Déou. Ils sont entourés d'altérites arénacées et de sables fins éoliens en placages plus épais autour des boules de roche saine.

- Sols

Les inselbergs et les chaos granitiques sont entourés de sols ferrugineux tropicaux lessivés sur arène granitique à texture grossière, constitués de 40 % de sables fins, 40 % de sables grossiers, 20 % d'argiles et limons sur une profondeur d'environ cinquante centimètres. Plus en profondeur ces sols s'appauvrissent en sables fins (15 %), s'enrichissent en sables grossiers (40 à 60 %), en argiles et limons (30 à 40 %).

La porosité des sols est forte : 25 à 30 %, leur humidité au PF 3 est de 5 à 14 % et leur perméabilité variable de 0,1 à 1 cm/h.

- Relief, méso-relief

Les inselbergs émergent brutalement au-dessus des glacis et prennent souvent la forme de demi-oranges. Les chaos de boules granitiques percent la surface des interfluves et des glacis de Tounté, Djalafanka, Taïma, Polaka et Kouni-Kouni. Ils sont entourés de sables éoliens et d'altérites arénacées en pente faible les raccordant aux glacis périphériques.

- Couvert herbacé abondant, avec un taux de recouvrement supérieur à 40 %, sur les sables fins déposés à la périphérie des inselbergs et des chaos granitiques. Couvert herbacé très faible sur les surfaces couvertes de sables grossiers, nul sur les boules de granite.

- Couvert arbustif rare, implanté parfois dans les anfractuosités des blocs rocheux.

- Surfaces élémentaires

Tableau n° 14 : Répartition moyenne des surfaces élémentaires sur les glacis et interfluves arénacés parsemés de chaos granitiques, en pourcentages de la surface totale.

Transects	Types de surfaces élémentaires					Couvert herbacé en %
	10	21	31 32	41	47	
G4	2	37	29	32	0	34
G5	2	35	21	32	10	31

type 10 : Affleurement rocheux : granite.

type 21 : Sables grossiers d'origine granitique.

type 31 : Sables fins peu épais sur sols issus d'arènes granitiques.

- type 32 : Sables fins en micro-buttes sur glacis.
- type 41 : Pellicules plasmiques sur sols issus d'arènes granitiques.
- type 47 : Pellicules desquamées dans les micro-dépressions.

- Activité faunique très faible sur les glacis, un peu plus importante sur les sables fins épais autour des inselbergs et des chaos granitiques.

- Activité éolienne de dépôt à proximité des inselbergs et des chaos granitiques.

- Activité hydrique

L'activité hydrique se manifeste localement, près des chaos granitiques, par le décapage des couches superficielles et l'apparition d'un horizon compact rubéfié, souvent jonché de fragments de quartz blanc et de fragments de poteries. Quelques ravines entaillent la périphérie de l'ensemble chaotique de Tounti.

- Evolution des états de surface

Les lignes G4 et G5 n'ont pas fait l'objet d'un suivi aussi complet que la ligne B3 qui leur est proche. Nous prendrons donc la ligne B3 comme référence bien qu'elle ne recoupe point de chaos granitique.

En 1986 la biomasse sèche, en fin de saison sèche, ne dépassait pas, en moyenne sur la ligne B3, 5 grammes de matière sèche par mètre carré, elle était de 17 g/m² à la fin juillet, de 66 g/m² à la fin août et de 30 g/m² fin octobre. Le couvert herbacé total a peu varié au cours de la saison des pluies 1986, son taux de recouvrement est resté proche de 30 %. Par contre, le couvert herbacé vert a commencé à croître dès la mi-juin jusqu'à atteindre le taux maximal de 25 % dès la fin du mois de juillet, bien que la croissance des herbes ne se terminât qu'à la fin du mois d'août.

La sénescence du couvert herbacé commence dès le début du mois de septembre, elle est complète à la fin du mois d'octobre.

Le couvert minéral des sols évolue peu, sauf pendant les courtes phases d'humectation qui modifient la consistance des horizons superficiels et sous l'action des gouttes de pluie et du ruissellement qui remanient épisodiquement les surfaces en couvrant les sables fins d'une pellicule argileuse et en provoquant un déplacement, suivi d'un tri granulométrique, des sables et des argiles.

- Répartition des états de surface sur les transects

Sur la ligne G5 (figure n° 7 et tableau n° 11 pages 34 et 35), les surfaces élémentaires s'associent toutes entre elles mais avec toujours une prédominance marquée pour l'une ou l'autre des surfaces élémentaires dont le taux de recouvrement est souvent supérieur à 70 %.

Les couverts sableux fins éoliens sont plus abondants autour des chaos granitiques. Partout ailleurs, les plages de sables fins dépassent rarement la dizaine de mètres de longueur.

3.3. Les états de surface des glacis et interfluves

3.3.1. Les états de surface des glacis et interfluves pierreux

- Couches géologiques superficielles

Les glacis et interfluves pierreux sont recouverts d'une couche superficielle peu épaisse, formée de colluvions reposant sur un substratum de roches métamorphiques ou granitiques couvert localement par une cuirasse ferrugineuse dont les éléments grossiers jonchent parfois la surface du sol.

Sur substratum granitique, les éléments grossiers à la surface du sol sont constitués de quartz à patine ferrugineuse de couleur rouille.

Sur roches métamorphiques, les éléments grossiers à la surface du sol sont constitués de schistes, de quartzites et de roches vertes.

Les cuirasses ferrugineuses recouvrent tous les types de glacis mais se localisent principalement à l'Ouest et au sud-ouest de la mare d'Oursi autour des massifs rocheux de Warga, Gouba et Tin Edjar.

- Sols

Les sols des glacis et interfluves pierreux sont des sols bruns subarides vertiques sur matériau argileux issu de granite ou sur matériau argileux en association à des sols bruns subarides modaux hydromorphes et à des sols gravillonnaires issus de roches métamorphiques et de granites.

On rencontre plus rarement des éléments grossiers sur les sols ferrugineux tropicaux lessivés sur arène granitique.

- Relief

Les glacis chargés d'éléments grossiers se situent généralement en amont des versants, autour des massifs rocheux. Leur altitude varie entre 310 et 360 mètres et leur pente est souvent inférieure à 1 %.

- Mésorelief

La surface des glacis pierreux est plane, déformée çà et là par des amas de cailloux formant des monticules ou par des dépôts sableux éoliens en plages ou en buttes.

Des dépressions peu profondes soulignent l'amont des monticules et des plages sableuses.

Des thalwegs peu profonds incisent superficiellement les glacis.

- Couvert herbacé variable : 5 à 35 % en relation avec l'importance du couvert sableux éolien.

- Couvert arbustif et arboré très rare, recouvrement inférieur à 2 %. Les arbres morts sont fréquents sur ce type de glacis.

- Surfaces élémentaires

Tableau n° 15 : Répartition moyenne des surfaces élémentaires sur les glacis et interfluves pierreux, en pourcentages de la surface totale.

Transects	Types de surfaces élémentaires										Couvert herbacé en %
	10	11 12	20 21	30 31	32	33	40	41	44	46	
K2	0	18	17	12	4	0	41	0	8	0	19
D3	1	15	34	6	0	0	44	0	0	0	5
D2	0	16	45	21	0	0	0	18	0	0	4
D10	11	0	32	0	0	8	35	0	14	0	-
B5	0	14	0	33	0	0	50	0	0	3	35

type 10 : Affleurement rocheux.

type 11 : Surface à éléments grossiers ferrugineux ou métamorphiques.

type 12 : Surface à éléments grossiers granitiques.

type 20 : Sables grossiers ferrugineux.

type 21 : Sables grossiers d'origine granitique.

type 30 : Sables fins peu épais sur sols bruns vertiques.

type 31 : Sables fins peu épais sur arènes granitiques.

type 32 : Sables fins en microbuttes sur glacis.

type 33 : Sables fins en recouvrement épais sur glacis.

type 40 : Surfaces à pellicules plasmiques sur sols sablo-argileux.



- type 41 : Surfaces à pellicules plasmiques sur arènes granitiques.
- type 44 : Surfaces à pellicules plasmiques sur micro-buttes de sables fins.
- type 46 : Surfaces à pellicules plasmiques rebroussées dans les micro-dépressions.

La ligne K2 est située au pied du massif rocheux de Warga sur vertisols issus de roches basiques (Gabbros). Elle est couverte au taux de 18 % par des éléments grossiers.

Les autres lignes le sont à des taux compris en 11 % et 16 %.

La plupart des transects sont caractérisés par une couverture très forte en pellicules plasmiques, à l'exception de la ligne D2, avec des taux de recouvrement supérieurs à 40 %.

Par ordre d'importance, vient ensuite le recouvrement en sables grossiers dont le taux est supérieur à 30 % sur les lignes D2, D3 et D10 puis le couvert en sables éoliens avec un taux de recouvrement extrêmement variable : 6 % sur la ligne D3, 33 % sur la ligne B5.

- Activité faunique rarissime, quelques bouses de vaches et quelques traces de piétinement.

- Activité éolienne de déflation et de dépôt sur les lignes D2, D3 K2 ; de dépôt sur la ligne B5.

- Activité hydrique manifeste sur l'ensemble des glacis et interfluves par ruissellement diffus, concentré localement sur de courtes distances dans les passages plus étroits décapés par les eaux courantes. Le drainage des glacis pierreux est assuré par un réseau hydrographique peu marqué, mal hiérarchisé, identique au réseau de drainage des autres types de glacis.

- Evolution des états de surface

Nous avons déjà décrit au paragraphe 3.1.4., page 36 , l'évolution du couvert herbacé des placages sableux éoliens sur la ligne B5.

Sur les autres transects on peut simplement signaler une relative stagnation du couvert herbacé pendant le mois d'août sur les lignes D2 et D3 avec des taux de recouvrement de l'ordre de 5 %, alors qu'il progresse sur la ligne K2 : de 9 % au début du mois d'août à 19 % au début du mois de septembre. Cette différence de comportement est à mettre en relation avec la pluviométrie du mois d'août : 40 mm sur les lignes D2 et D3, 88 mm sur la ligne K2.

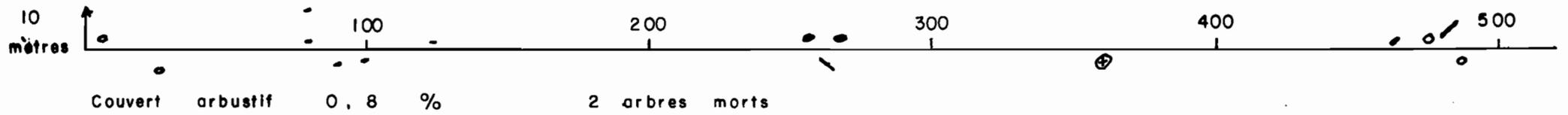
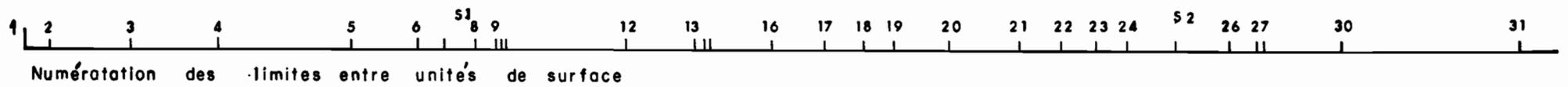
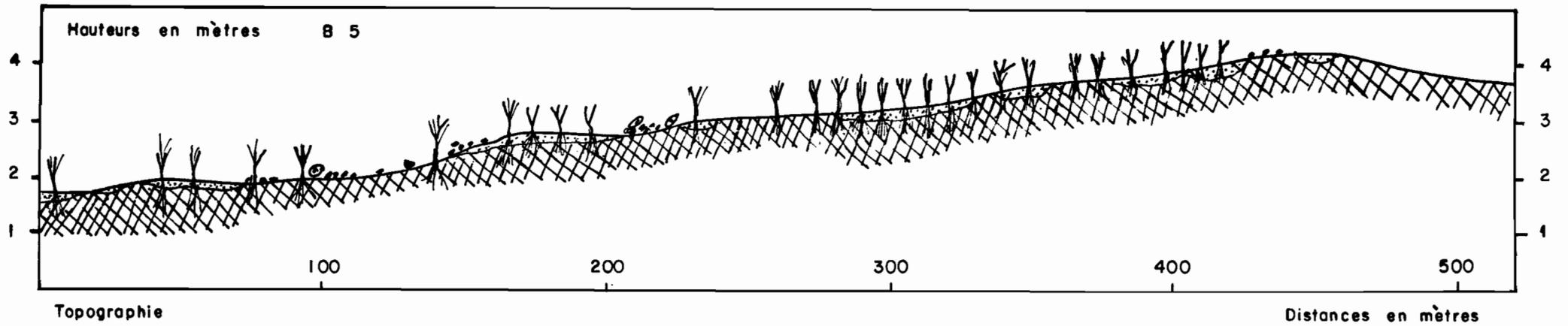


Figure n° 9 Ligne B 5 glacis sur sol brun subaride modal

Observations effectuées le 29 / 08 / 1986 Direction EST

Tableau n° 16

ligne B 5 sol : unité n° 8

type : sols bruns subarides vertiques en association
aux sols bruns subarides modaux.

limites entre états de surface	distances	Mesures radiométriques nombre de mesures	canaux SPOT			végétation herbacée		types de surfaces élémentaires				
			XS1	XS2	XS3	verte	sèche	40	11	30	46	32
1-2	9,0	3	167	245	393	25	5	.	.	100	.	.
2-3	28,0	12	174	250	344	5	2	80	.	20	.	.
3-4	29,0	11	169	243	367	30	5	30	.	70	.	.
4-5	45,0	18	163	236	324	15	2	85	10	5	.	.
5-6	21,9	9	165	233	324	5	1	.	100	.	.	.
6-7	8,0	3	175	248	359	15	5	.	60	40	.	.
7-8	11,1	5	172	247	358	20	4	.	60	40	.	.
8-9	5,8	2	162	229	310	10	2	40	40	20	.	.
9-11	2,0	1	165	230	316	25	10	.	.	.	.	100
11-12	42,3	15	163	231	322	30	5	20	.	80	.	.
12-13	23,9	10	161	216	320	5	1	50	50	.	.	.
13-15	2,8	1	164	232	282	25	2	.	.	.	.	100
15-16	23,2	9	172	249	334	5	1	100	.	.	.	.
16-17	18,0	7	190	269	354	20	5	85	.	15	.	.
17-18	13,0	5	186	266	359	35	5	.	.	.	100	.
18-20	28,4	11	172	246	341	40	10	.	.	100	.	.
20-21	25,9	11	155	210	328	40	5	30	30	40	.	.
21-22	12,9	5	182	256	315	40	10	30	.	70	.	.
22-23	12,5	5	159	218	329	10	1	90	.	10	.	.
23-24	10,0	4	165	225	321	30	10	65	.	35	.	.
24-26	32,7	13	174	235	313	25	5	65	.	35	.	.
26-29	9,7	4	181	262	316	40	10	.	.	100	.	.
29-30	28,9	11	163	224	283	5	1	45	45	10	.	.
30-31	59,6	24	172	234	268	2	1	100	.	.	.	.

Distance : 503,6 mètres observations effectuées le 29/08/86

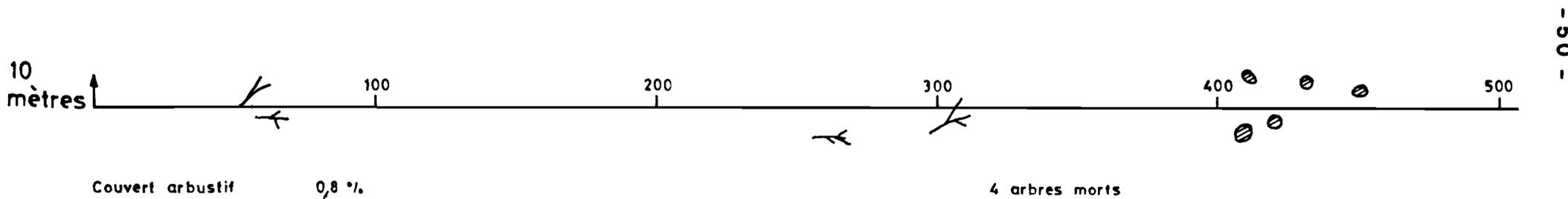
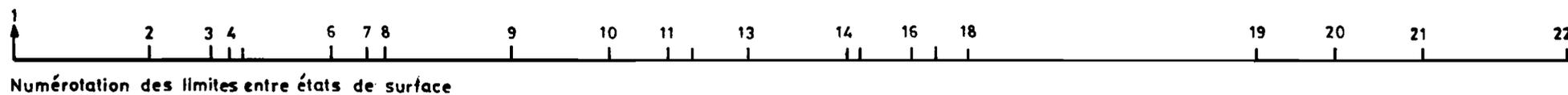
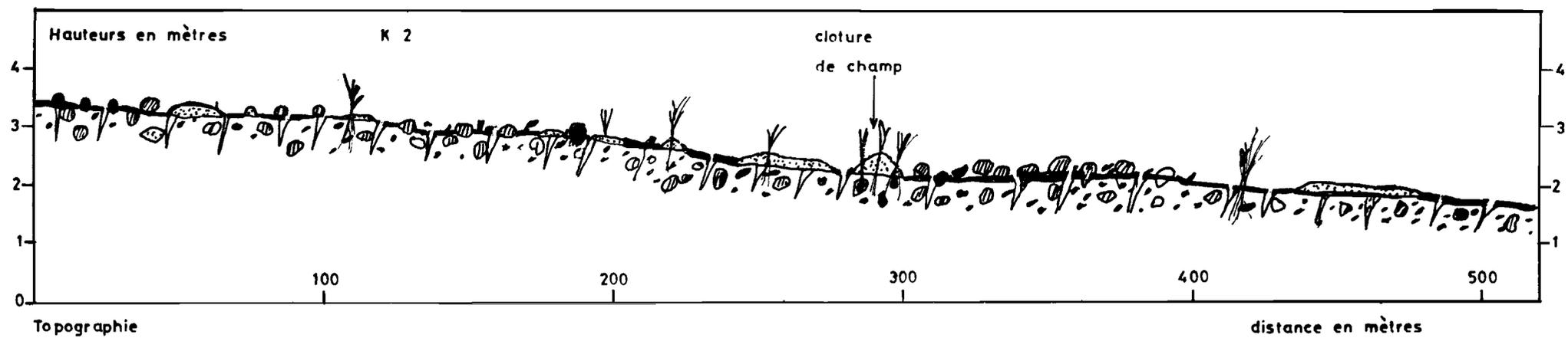


Figure n° 10 Ligne K 2 Vertisol sur roches basiques

Observations effectuées le 21/07/1985

Tableau n° 17

Ligne K2

Sol : Unité 5

Type : vertisols sur roches basiques

limites entre états de surface	Distances	Végétation herbacée		Types de surfaces élémentaires					
		Verte %	Sèche %	11	20	30	32	40	44
1-2	45	0	1	20	20	0	0	60	0
2-3	20	0	1	0	0	0	0	0	100
3-4	6	0	0	5	5	0	0	90	0
4-5	5	1	1	10	90	0	0	0	0
5-6	29	1	1	10	10	0	0	80	0
6-7	12	5	2	0	0	100	0	0	0
7-8	6	1	1	5	10	0	0	85	0
8-9	42	1	1	20	20	0	0	60	0
9-10	33	2	2	10	20	35	0	35	0
10-11	19	1	1	5	5	0	0	90	0
11-12	6	2	5	0	0	100	0	0	0
12-13	19	0	0	5	5	10	0	80	0
13-14	32	2	1	0	0	100	0	0	0
14-15	5	0	0	0	0	0	0	100	0
15-16	18	20	5	0	0	0	100	0	0
16-17	9	5	1	5	5	0	0	90	0
17-18	10	0	2	10	10	0	0	80	0
18-19	94	0	1	25	25	0	0	50	0
19-20	27	2	1	0	0	0	0	100	0
20-21	28	1	1	5	5	90	0	0	0
21-22	47	0	0	10	10	0	0	80	0

distance : 512 mètres

Observations effectuées le 21 juillet 1986.

L'humectation des sols vertiques provoque une fermeture des fentes de retrait et des fissures ainsi qu'une perte totale de consistance de ces sols sur lesquels il devient difficile de circuler après une forte pluie. L'humectation est généralement progressive, partielle sur les glaciers, forte dans les thalwegs.

- Répartition des états de surface sur les transects

Le transect B5 est décrit sur le tableau n° 16 , dessiné sur la figure n° 9 , pages 48 et 49 . Pour compléter la description des glaciers pierreux, nous avons choisi la ligne K2 : tableau n° 17 et figure n° 10 pages 50 et 51 .

Sur la ligne B5, les éléments grossiers sont souvent associés aux sables fins et aux pellicules plasmiques avec un couvert herbacé dont le taux de recouvrement varie entre 5 et 20 %.

Un même état de surface y dépasse rarement la longueur de 40 mètres

Sur la ligne K2, les éléments grossiers sont associés aux pellicules plasmiques avec un couvert herbacé très faible (1 % à 5 %). Ils sont rarement associés aux sables fins qui se déposent au pied d'obstacles offrant une certaine résistance au vent tels que les clôtures de parcage ou de champs.

3.3.2. Les états de surface des glaciers à gravillons ferrugineux

Les lignes G2, D3, D7, D8 et K3 sont couvertes à plus de 30 % par des gravillons ferrugineux.

- Couches géologiques superficielles

Les glaciers à gravillons ferrugineux sont formés d'une couche de colluvions peu épaisse sur des altérites de roches métamorphiques (lignes D8, D10 et K3) et sur des arènes granitiques (lignes G2, D3 et D7).

Ils se rencontrent surtout au sud-ouest et à l'ouest de la mare d'Oursi.

Les gravillons ferrugineux, présents un peu partout sur les glaciers en proportions variables, témoignent d'une active mobilisation du fer par dissolution puis reconcentration dans des nodules de petite taille.

- Sols

Les lignes G2, D3, D8 et K3 sont installées sur sols bruns subarides vertiques, sur matériau argileux issu de granites pour les lignes G2 et D3, sur matériaux issus de roches métamorphiques pour les lignes D8 et K3.

La ligne D7 est installée sur un sol fersiallitique, ferrugineux tropical peu lessivé à drainage interne limité en profondeur en association avec des sols gravillonnaires.

- Relief

Les glacis à gravillons ferrugineux sont le plus souvent situés à mi-pente, à égale distance entre les massifs rocheux, crêtes ou inselbergs, et les thalwegs du réseau de drainage. Leur pente est faible, inférieure à 1 %.

- Méso-relief

La surface des glacis à gravillons ferrugineux est généralement plane, légèrement déformée par des monticules de graviers et de pierres, et par des buttes de sables éoliens souvent encroûtées. La ligne D7 est caractérisée par ses grandes termitières roses et ses nombreux arbres morts entourés de grandes plages de sables éoliens. Les chenaux de ruissellement, très plats, contournent les placages sableux éoliens et les monticules caillouteux, dégageant localement un sol nu (lignes G2, D3, K3) ou une cuirasse ferrugineuse (lignes D7, D8).

- Couvert herbacé variable, très faible sur les lignes D3 et D8 avec des taux de recouvrement de l'ordre de 5 %, faible sur la ligne D7 où le taux de recouvrement est de 11 %, un peu plus fourni sur les lignes G2 et K3 avec des taux de recouvrement de 20 et 30 %.

- Couvert arbustif et arboré très dispersé et très faible, inférieur à 1,5 % sur les lignes D3, G2 et K3, rarissime sur les lignes D7 et D8 où son taux de recouvrement est de l'ordre de 0,2 %.

Les souches d'arbres morts sont particulièrement nombreuses sur les lignes K3, D7 et D8.

- Surfaces élémentaires

Tableau n° 18 : Répartition moyenne des surfaces élémentaires sur les glacis à gravillons ferrugineux en pourcentage de la surface totale.

Transects	Types de surfaces élémentaires										
	10	11 12	13	20 21	30 31	30 32	40	41	42 43	44	46 47
G2	0	0	0	70	15	0	0	2	12	0	1
K3	0	0	0	30	0	19	41	0	0	0	10
D3	1	15	0	34	6	0	44	0	0	0	0
D7	0	0	12	60	0	5	0	3	0	20	0
D8	0	8	10	69	0	0	0	7	1	5	0

- type 10 : Affleurement rocheux.
- type 11 : Surface à éléments grossiers ferrugineux.
- type 12 : Surface à éléments grossiers granitiques.
- type 13 : Surface à épandage gravillonnaire.
- type 20 : Sables grossiers ferrugineux.
- type 21 : Sables grossiers d'origine granitique.
- type 30 : Sables fins peu épais sur sols bruns vertiques.
- type 31 : Sables fins peu épais sur arènes granitiques.
- type 32 : Sables fins en micro-buttes sur glacis.
- type 40 : Surfaces à pellicules plasmiques sur sols sablo-argileux.
- type 41 : Surfaces à pellicules plasmiques sur sols arénacés.
- type 42 : Surfaces à pellicules plasmiques sur sables fins.
- type 43 : Surfaces à pellicules plasmiques et éléments grossiers sur sables fins.
- type 44 : Surfaces à pellicules plasmiques sur micro-buttes de sables fins.
- type 46 : Surfaces à pellicules plasmiques rebroussées dans les micro-dépressions.
- type 47 : Surfaces à pellicules plasmiques desquamées dans les micro-dépressions.

La ligne G2 est située au nord du massif de Kolel, la ligne K3 est implantée au nord du massif de Warga et les lignes D3, D7, D8 se situent au sud du massif de Tin Edjar.

Les lignes G2, D7 et D8 sont couvertes à plus de 70 % par des sables grossiers partiellement ferruginisés et par des gravillons ferrugineux. Les lignes K3 et D3 le sont à plus de 30 % et compensent la faiblesse de leur couvert sablo-gravillonnaire par une forte couverture en sols nus avec un taux de recouvrement supérieur à 40 % pour les surfaces à pellicules plasmiques.

Le taux de recouvrement en sables fins éoliens varie de 6 % sur la ligne D8 à 27 % sur la ligne G2.

- Activité faunique

Deux grosses termitières ont été observées sur la ligne D7 et une termitière a été observée sur la ligne K3. Un seul trou de diamètre de 2 cm a été noté sur la ligne D3.

L'activité faunique est donc très limitée sur les glacis à gravillons ferrugineux. Le passage des troupeaux s'y signale par des piétinements linéaires et quelques fèces dispersés.

- Activité éolienne de dépôt sur les lignes G2, K3, D3 et D7, de déflation sur les lignes D3, D7 et D8.

- Activité hydrique

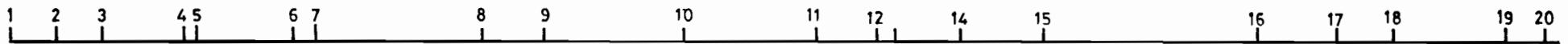
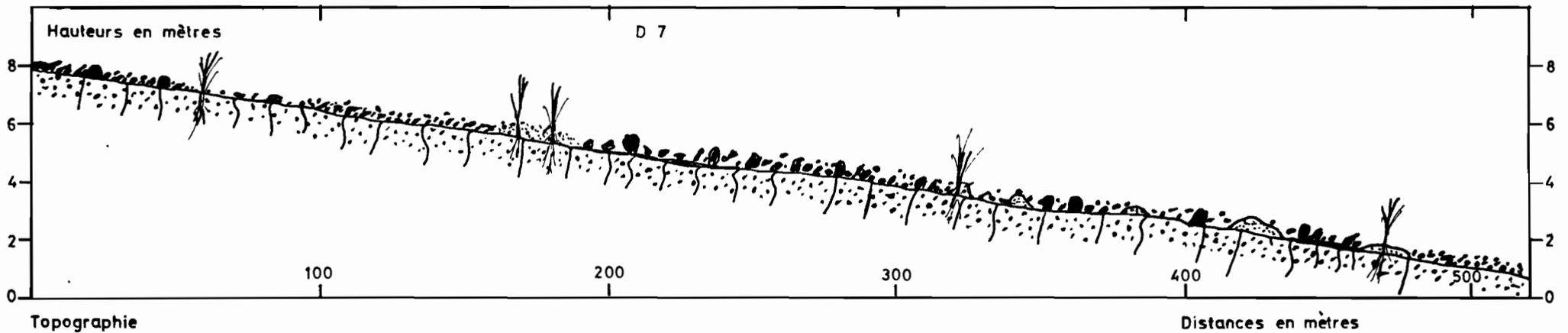
L'activité hydrique est caractérisée, sur les glacis à gravillons ferrugineux, par un ruissellement diffus qui contourne les plages et les buttes de sables éoliens, créant des chenaux plats où apparaissent des sols nus ou une cuirasse ferrugineuse décapée par les eaux de ruissellement.

Les buttes de sables éoliens y sont souvent couvertes de pellicules plasmiques qui résultent de l'action des gouttes de pluie sur des sols sableux fins sans recouvrement herbacé.

Dans les petites dépressions, apparaissent des pellicules desquamées ou rebroussées qui recouvrent des lits multistratifiés, constitués de sables grossiers, de sables fins et de films argileux en alternance régulière.

- Evolution des états de surface

De la fin juillet à la fin août, l'accroissement du couvert herbacé est très faible sur les lignes D3 et D8 où il varie de 3 à 5 %, un peu plus important sur la ligne D7 où le taux de recouvrement varie de 5 à 10 %, assez fort sur la ligne K3 où le taux de recouvrement passe de 8 % vers la fin du mois de juillet à 31 % au début du mois de septembre. Sur la ligne G2, le taux de recouvrement est déjà de 17 % à la fin du mois de juillet, de 19 % à la fin du mois d'août.



Numérotation des limites entre états de surface



Couvert arbustif : 0,2 %

13 souches d'arbres morts
2 grosses termitières

Figure n° 11 Ligne D 7 Sol ferrugineux tropical peu lessivé à drainage interne limité en profondeur.

Tableau n° 19

Ligne D7 Sol : Unité n° 10

Sols ferrugineux tropicaux peu lessivés
à drainage interne limité en profondeur
en association avec des sols gravillonnaires.

Limites entre états de surface	Distances en mètres	Végétation herbacée		Types de surfaces élémentaires				
		verte en %	sèche en %	13	21	31	47	44
1-2	15	0	1	0	90	0	10	0
2-3	15	0	0	50	50	0	0	0
3-4	28	1	1	30	70	0	0	0
4-5	3	10	5	0	0	100	0	0
5-6	32	0	1	5	75	0	20	0
6-7	7	5	1	30	35	0	0	35
7-8	55	0	0	5	95	0	0	0
8-9	20	15	5	0	0	100	0	0
9-10	46	5	1	5	55	0	40	0
10-11	43	0	0	40	45	0	15	0
11-12	22	0	0	20	80	0	0	0
12-13	4	0	1	30	70	0	0	0
13-14	22	1	1	20	80	0	0	0
14-15	28	2	1	5	40	0	5	40
15-16	70	1	1	30	60	0	0	10
16-17	26	1	2	10	40	0	0	40
17-18	17	0	0	5	75	0	20	0
18-19	39	10	2	5	50	0	0	50
19-20	12	0	0	5	90	0	5	0

Distance totale : 504 mètres. Observations effectuées le 26/07/86

Sur l'ensemble des transects, le couvert herbacé apparaît clairement associé aux sables éoliens non recouverts de pellicules plasmiques.

L'humectation des sols vertiques produit les mêmes effets sur les glacis à gravillons ferrugineux que sur les autres glacis.

Toutefois la faible épaisseur des sols vertiques sur les glacis à gravillons ferrugineux et l'abondance des gravillons en atténue les conséquences sur la circulation automobile.

- Répartition des états de surface sur les transects

Sur la ligne D7, figure n° 11 page 56 et tableau n° 19 page 57, choisie comme exemple d'une surface à gravillons ferrugineux, les gravillons ferrugineux et les éléments grossiers, formés de blocs de granite ou de cuirasse ferrugineuse, sont associés aux sables grossiers et, dans une moindre mesure, aux surfaces nues à pellicules plasmiques. Les surfaces à sables grossiers et gravillons ferrugineux sont du type S T 3 (organisation structurale à 3 composants) avec des éléments grossiers en surface, sous la surface, des sables fins associés à des éléments grossiers puis une pellicule plasmique épaisse à forte porosité vésiculaire sous les sables fins.

Les buttes de sables fins sont bien individualisées sur la ligne D7 où elles supportent une végétation herbacée beaucoup plus dense que les autres types de surfaces.

3.3.3. Les états de surface des glacis et interfluves nus sur sols bruns

- Couches géologiques superficielles

Les glacis et interfluves nus sur sols bruns sont formés d'une couche de colluvions peu épaisse reposant sur des altérites de roches métamorphiques pour les transects K3, K6, B1 et B5, sur des altérites de roches granitiques pour les transects D3 et G3, sur des altérites de gabbros pour le transect K2.

Les transects K2, B5 et D3 font également partie des glacis et interfluves pierreux, leur taux de couverture en éléments grossiers étant au moins égal à 15 %.

- Sols

Les sols des glacis et interfluves nus sont des sols bruns subarides vertiques sur matériau argileux issu de granites pour les lignes D3 et G3, issu de roches métamorphiques pour les lignes K3, K6, B1 et B5, issu de roches basiques (Gabbros) pour la ligne K2.

La teneur de ces sols en argiles et limons varie de 30 à 50 %, leur teneur en sables fins de 25 à 35 %, leur teneur en sables grossiers de 15 à 30 %, leur teneur en éléments grossiers de 0 à 10 %.

La forte teneur en argiles et limons confère à ces sols une porosité de l'ordre de 20 %, une humidité assez élevée au PF 3 (15 à 20 %) et une faible perméabilité, inférieure à 1,5 cm/h.

- Relief

Les glacis nus sur sols bruns se situent généralement à proximité des axes de drainage sur des surfaces planes dont la pente est inférieure à 1 %.

Ils se situent également sur des pentes un peu plus fortes (lignes K2, D3) où apparaissent des éléments grossiers.

- Méso-relief

La surface des glacis sur sols bruns nus est plane, légèrement déformée par les buttes et les placages de sables éoliens ou les monticules pierreux.

Les eaux de ruissellement se concentrent dans un petit nombre de chenaux peu profonds en aval des glacis.

- Couvert herbacé variable : 5 à 35 %, en fonction du couvert sableux éolien non recouvert de pellicules plasmiques et des chutes de pluies au cours de l'hivernage 1986.

- Couvert arbustif et arboré très faible : 1 % à 2,5 %. Les arbres morts sont très nombreux sur les lignes G3, K3 et K6. Sur les autres lignes, plus proches des lieux d'habitation, ils ont été utilisés comme combustible.

- Surfaces élémentaires

Tableau n° 20 : Répartition moyenne des surfaces élémentaires sur les glacis et interfluves sur sols bruns nus.

Transects	Types des surfaces élémentaires									
	10	11 12	20	21	30	31 32	40	41	44	46 47
B1	5	7	0	0	29	0	54	0	5	0
B5	0	13	0	0	33	0	51	0	0	3
K3	0	0	30	0	19	0	42	0	0	9
K6	0	1	7	0	35	0	51	0	0	6
D3	1	15	0	34	6	0	44	0	0	0
G3	0	0	0	29	0	24	0	42	0	5
K2	0	18	17	0	12	4	41	0	8	0

type 10 : Affleurement rocheux.

type 11 : Surface à éléments grossiers ferrugineux ou métamorphiques.

type 12 : Surface à éléments grossiers granitiques.

type 20 : Sables grossiers ferrugineux.

type 21 : Sables grossiers d'origine granitique.

type 30 : Sables fins peu épais sur sols bruns vertiques.

type 31 : Sables fins peu épais sur arènes granitiques.

type 32 : Sables fins en micro-buttes sur glacis.

type 40 : Surfaces à pellicules plasmiques sur sols sablo-argileux.

type 41 : Surfaces à pellicules plasmiques sur arènes granitiques.

type 44 : Surfaces à pellicules plasmiques sur micro-buttes de sables fins.

type 46 : Surfaces à pellicules plasmiques rebroussées dans les micro-dépressions.

type 47 : Surfaces à pellicules plasmiques desquamées dans les micro-dépressions.

Les glacis et interfluves sur sols bruns nus sont caractérisés par leurs surfaces à pellicules plasmiques dont le taux de recouvrement est toujours supérieur à 40 % et dépasse souvent 50 %. L'importance des sables fins d'origine éolienne est variable avec des taux de recouvrement de 6 % sur la ligne D3, 12 % sur la ligne K2, de 20 à 35 % sur les lignes K3, G3, B1, B5 et K6.

Les éléments grossiers et les sables grossiers y sont également en proportions extrêmement variables avec un taux de recouvrement égal à 50 % sur la ligne D3, à 12 % sur la ligne B1, 8 % sur la ligne K6.

- Activité faunique très rare. Des traces de piétinement et des déjections ont été observées sur les lignes G3, K6 et D3. Une termitière dégradée a été observée sur la ligne K3.

- Activité éolienne de déflation et de dépôt sur les lignes D3, K2, K3, de dépôt sur les lignes B1, B5, K6, G3.

- Activité hydrique

L'activité hydrique se manifeste sur les glacis nus couverts de pellicules plasmiques par un ruissellement diffus très important.

Les buttes de sables éoliens y sont parfois couvertes de pellicules plasmiques. Des pellicules de dépôt se forment dans les dépressions où le ruissellement est interrompu par des obstacles constitués généralement de placages sableux éoliens (lignes K3, K6, G3 et B5).

Quelques chenaux concentrent localement les écoulements en incisant légèrement la surface des glacis. Un accroissement de pente est souvent marqué sur ces glacis par une érosion en micro-marches d'escalier.

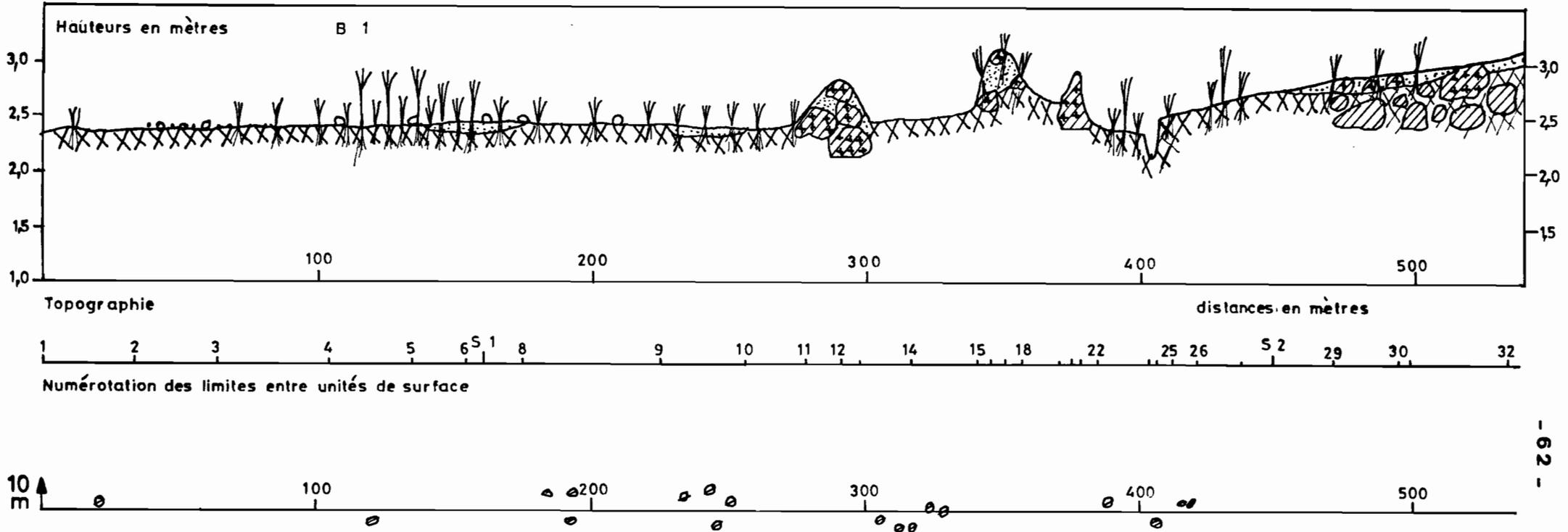
- Evolution des états de surface

De la fin juillet à la fin août, l'accroissement du couvert herbacé est faible sur la ligne D3, où il varie de 4 à 5 %, nul sur les lignes K6 et B1 où il est stable autour des valeurs de 12 % pour la ligne K6 et 32 % pour la ligne B1, important sur les lignes K2, K3 et B5. L'accroissement le plus important fut observé sur la ligne K3 avec les valeurs de 5 % fin juillet 86 et 28 % fin août 86.

Des mesures régulières de phytomasse herbacée ont été effectuées sur les lignes B1 et B5 au cours de l'hivernage 1986.

L'interprétation des mesures montre que la phytomasse croit à partir de la fin du mois de juillet (10 grammes de matière sèche par mètre carré) pour atteindre les valeurs de 80 à 100 g/m² au début du mois de septembre. La végétation herbacée entre en sénescence dès le début du mois de septembre. Elle est totalement sèche à la fin octobre.

L'humectation des sols vertiques provoque la fermeture des fentes de retrait, une perte de cohésion superficielle de ces sols et leur imperméabilisation partielle puis totale.



Couvert arbustif 1,5 %.

Figure n° 12 Ligne B 1 Sols bruns subarides vertiques glacis bas Kotel
 Observations effectuées le 29/08/1986 direction EST

Tableau n° 21

ligne B 1 Sol unité n° 8

type : sols bruns subarides vertiques en association
aux sols bruns subarides modaux.

limites entre états de surface	distances	Mesures radiométriques canaux SPOT			végétation herbacée		types de surfaces élémentaires					
		nombre de mesures	XS1	XS2	XS3	verte	sèche	40	11	30	44	10
1-2	34,0	13	142	217	258	15	2	85	10	5	.	.
2-3	30,0	12	154	234	258	1	1	60	40	.	.	.
3-4	38,8	16	153	232	284	25	2	85	10	5	.	.
4-5	30,2	12	143	228	304	45	2	75	20	5	.	.
5-6	19,4	8	145	216	288	40	2	30	10	60	.	.
6-7	7,6	3	139	196	300	35	5	20	20	60	.	.
7-8	15,7	6	124	173	292	35	5	20	20	60	.	.
8-9	50,1	19	144	220	287	20	2	80	10	10	.	.
9-10	31,1	12	136	209	300	50	2	15	.	80	.	5
10-11	21,1	8	121	176	274	10	1	90	.	10	.	.
11-12	13,0	5	123	174	305	.	.	.	.	.	50	40
12-13	6,0	3	137	209	291	.	.	.	.	.	60	40
13-14	19,0	7	149	230	282	5	1	95	.	5	.	.
14-15	23,0	9	140	214	279	5	1	95	.	5	.	.
15-18	16,8	7	156	244	313	20	5	.	.	.	70	30
18-19	14,2	6	149	231	303	2	1	88	.	2	.	10
19-21	5,5	2	158	241	300	5	1	.	.	.	50	50
21-22	8,1	3	143	218	283	5	1	95	.	5	.	.
22-23	16,7	7	140	214	304	40	5	50	.	50	.	.
23-25	3,6	2	115	159	298	.	.	100	.	.	.	.
25-26	15,4	6	132	180	310	20	2	80	.	20	.	.
26-27	16,8	7	134	203	312	40	2	80	.	20	.	.
27-28	8,8	3	133	228	331	2	1	.	.	70	.	30
28-29	22,0	9	152	243	300	2	1	.	.	70	.	30
29-30	23,7	10	144	224	310	25	2	50	.	45	.	5
30-31	3,3	1	149	244	337	25	2	.	.	50	.	50
31-32	38,0	10	154	254	317	25	2	.	.	100	.	.

Distance : 533,0 mètres observations effectuées le 29/08/1986

- Répartition des états de surface sur les transects.

Nous avons choisi les lignes K2, B5 et B1 pour représenter les transects des glacis sur sols bruns nus :

- . ligne K2, figure n° 10 page 50 , tableau n° 17 page 51 ,
- . ligne B1, figure n° 12 page 62 , tableau n° 21 page 63 ,
- . ligne B5, figure n° 9 page 48 , tableau n° 16 page 49.

Les surfaces élémentaires à pellicules plasmiques sur sols bruns s'associent volontiers aux autres types de surfaces élémentaires à éléments grossiers, à sables grossiers ou à sables fins de telle sorte qu'un état de surface est caractérisé par 3 à 4 types différents de surfaces élémentaires. Les buttes de sables fins et les dépressions à pellicules plasmiques desquarmées ou rebroussées restent bien individualisées.

3.3.4. Les états de surface des glacis et interfluves arénacés

- Couches géologiques superficielles

Les glacis et interfluves arénacés reposent sur des altérites de granites. Le substratum granitique affleure localement sous la forme de crêtes, d'inselbergs, de boules isolées ou rassemblées en chaos. Trois types de granites affleurent dans la région d'Oursi : le granite de Déou à l'ouest de la mare d'Oursi, le granite de Taïma au sud-ouest de la mare et le granite de type Pétoy-Gountouré au sud-est.

- Sols

Les lignes G4, B3 et G5 sont situées sur sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches, concrétions et horizon éluvial bien développé, constitués d'arènes granitiques grossières. La ligne D7 est située sur des sols ferrugineux tropicaux peu lessivés à drainage interne limité en profondeur en association avec des sols gravillonnaires. La ligne B2 est placée sur sols bruns subarides vertiques associés à des sols gravillonnaires et à des sols subarides modaux.

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés et peu lessivés sur arènes granitiques sont formés de 7 à 17 % d'argiles et limons, 40 à 60 % de sables fins, 30 à 40 % de sables grossiers et 5 à 10 % d'éléments grossiers de taille supérieure à 2 millimètres. Leur porosité est d'environ 25 %, leur humidité à PF 3 de l'ordre de 2 % et leur perméabilité très faible, inférieure à 1 centimètre par heure.

Les sols bruns subarides vertiques sur granites se différencient des deux autres types par leur composition granulométrique : une teneur en argiles et limons supérieure à 30 %, une teneur en sables fins comprise entre 25 et 40 %, une teneur en sables grossiers de l'ordre de 20 à 30 % et une teneur en éléments grossiers de l'ordre de 10 %. Leur porosité est d'environ 20 %, leur humidité à PF 3 est comprise entre 10 et 15 % et leur perméabilité égale à 1,3 cm/h.

- Relief

Les inselbergs granitiques ne dépassent pas l'altitude 340 mètres sauf à l'est du bassin versant de la mare d'Oursi, sur les hauteurs de Polaka où l'altitude dépasse 400 mètres. Les glacis arénacés s'organisent autour des affleurements rocheux. Des surfaces aux faibles pentes (2 % à 1 %), décroissantes en direction des principaux axes de drainage, entourent les reliefs granitiques.

Le plateau granitique de Pétoy, à l'est du massif de Kolel, constitue une entité particulière par son absence de pente générale qui favorise l'engorgement des profils pédologiques.

- Méso-relief

Les glacis arénacés sont souvent parsemés de boules de granite qui émergent du sol sous la forme de demi-oranges, de dos de baleine ou de tors entourés de sables fins éoliens, créant de petits reliefs localisés.

Les dépôts éoliens en plages peu épaisses ou en buttes, déforment localement la surface des glacis. Des chenaux de ruissellement, aux formes très plates, contournent les placages sableux éoliens et les petits reliefs. Quelques ravines incisent les glacis de Tounti et de Kouni-Kouni.

- Couvert herbacé maximum (1/09/86)

Le couvert herbacé est assez abondant sur les lignes G4, G5, B2 et B3 (30 à 40 %), faible sur les lignes D5 et D7 (10 %).

- Couvert arboré et arbustif rarissime, inférieur à 0,5 % sur les lignes G4 et D7, très faible sur les lignes D5, B2 et G5 où il varie de 1,5 à 3 %, plus abondant sur la ligne B3 où il est de l'ordre de 6 %. 33 arbres morts ont été dénombrés sur la ligne D5, 13 sur la ligne D7, 9 sur la ligne B3, 6 sur la ligne B2.

- Surfaces élémentaires

Tableau n° 22 : Répartition des surfaces élémentaires sur les glacis et interfluves arénacés.

Transects	Types de surfaces élémentaires							
	10	12	13	21	31 32	41	44	47
B2	1	8	0	25	11	36	13	6
B3	1	2	0	31	33	22	0	11
G4	2	0	0	37	29	32	0	0
G5	2	0	0	35	21	32	0	10
D5	0	4	0	23	0	37	25	11
D7	0	0	12	60	4	4	20	0

type 10 : Affleurement rocheux.

type 12 : Surface à éléments grossiers granitiques.

type 13 : Surface à épandage gravillonnaire.

type 21 : Sables grossiers d'origine granitique.

type 31 : Sables fins peu épais sur arènes granitiques.

type 32 : Sables fins en micro-buttes sur glacis.

type 41 : Surfaces à pellicules plasmiques sur arènes granitiques.

type 44 : Surfaces à pellicules plasmiques sur micro-buttes de sables fins.

type 47 : Surfaces à pellicules plasmiques desquamées dans les micro-dépressions.

Les glacis et interfluves arénacés sont caractérisés par leur couvert en sables grossiers dont le taux de recouvrement varie de 23% sur la ligne D5 à 60 % sur la ligne D7 et par leurs surfaces à pellicules plasmiques dont le taux de recouvrement varie de 22 % sur la ligne B3 à 37 % sur la ligne B5.

Les taux de recouvrement en sables fins oscillent entre 21 % sur la ligne G5 et 33 % sur la ligne B3, avec un pourcentage important de sables fins encroûtés sur les lignes B2, D5 et D7.

- Activité faunique très rare. Deux termitières géantes ont été notées sur la ligne D7. Quelques bouses sont disséminées sur les transects B3 et G4.

- Activité éolienne de dépôt sur les lignes B2, B3, G4 et G5, de déflation sur les lignes D5 et D7.

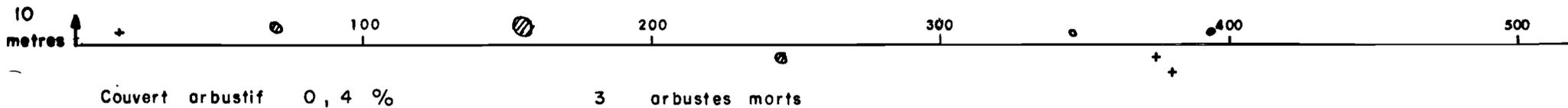
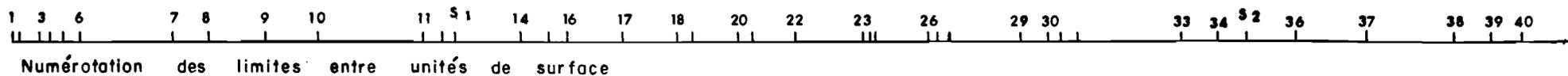
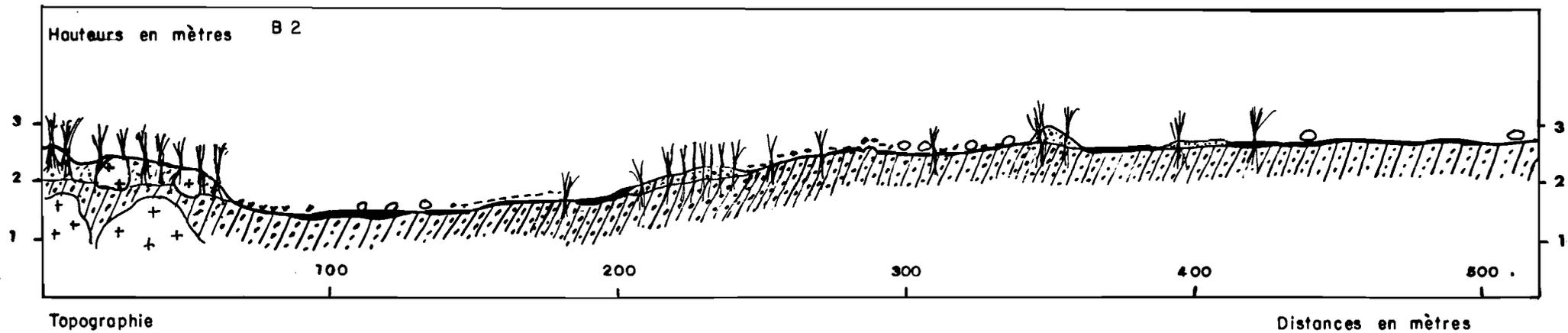


Figure n° 13 Ligne B 2 sol ferrugineux tropical lessivé sur granite

Observations effectuées le 1 / 09 / 1986 direction OUEST

limites entre états de surface	distances	mesures nombre de mesures	radiométriques canaux SPOT			végétation		types de surfaces élémentaires							
			XS1	XS2	XS3	verte	sèche	41	12	21	47	32	44	10	
1-3	9,0	4	190	283	360	30	15	100	.
3-5	8,0	3	198	302	350	10	2	10	15	10	.	.	60	5	
5-8	48,8	19	193	287	340	40	15	.	.	.	.	.	90	10
8-9	18,5	8	179	265	339	1	.	.	.	90	.	.	.	10	
9-10	17,6	6	183	281	347	.	.	80	5	15	.	.	.	.
10-11	35,5	14	179	268	345	2	1	80	20	.	.	.	.	.
11-12	6,0	3	173	254	318	.	.	97	.	3	.	.	.	.
12-14	26,3	11	178	269	347	5	1	.	2	90	.	8	.	.	
14-15	9,6	3	191	291	353	.	.	.	.	100	.	.	.	.
15-16	6,8	2	167	247	344	20	5	.	.	40	.	60	.	.	
16-17	17,3	7	178	246	346	.	.	90	5	5	.	.	.	.
17-18	17,6	7	184	271	358	20	5	.	.	50	.	50	.	.	
18-19	5,1	2	172	253	370	40	20	.	.	.	.	100	.	.
19-20	15,9	5	175	270	348	100	.	.	.	.	.	100	.	.
20-21	5,0	3	185	281	375	10	2	20	10	70	.	.	.	.
21-23	37,0	14	169	265	362	10	2	.	10	80	.	10	.	.	
23-25	2,0	1	185	291	385	1	.	.	.	.	.	100	.	.
25-27	23,0	9	184	290	403	1	.	.	50	50	.	.	.	.
27-28	4,0	2	200	323	440	25	1	100	.	.	.	.	.	.
28-29	24,0	9	217	315	444	1	.	50	25	25	.	.	.	.
29-30	8,6	4	162	240	381	1	.	100	.	.	.	.	.	.
30-32	9,2	4	182	269	430	20	5	.	.	.	.	.	100	.
32-33	34,6	14	178	273	396	2	.	100	.	.	.	.	.	.
33-34	12,6	4	203	322	421	20	5	.	.	.	.	100	.	.
34-35	9,0	4	175	270	398	2	.	.	.	80	.	20	.	.	
35-36	17,5	7	191	279	430	20	2	.	.	.	100	.	.	.	
36-37	24,1	10	203	316	460	2	0	90	10	.	.	.	.	.
37-38	27,9	7	211	332	449	5	2	100	.	.	.	.	.	.
38-39	13,3	.	.	.	.	2	.	.	.	.	100	.	.	.
39-40	9,3	.	.	.	.	1	1	90	10	.	.	.	.	.

distance : 503,1 mètres

observations effectuées le 01/09/1987

- Activité hydrique importante

Sur tous les glacis arénacés, le ruissellement est de type diffus mais il se concentre localement dans des chenaux très plats qui apparaissent entre les placages sableux éoliens puis disparaissent après franchissement des obstacles. Quelques ravines incisent les lignes D5, G4 et G5. Une érosion en micro-marches d'escalier a été observée sur la ligne G5.

A l'exception des affluents rive gauche du marigot Countouré, qui drainent les glacis de Tounti, les thalwegs pénètrent peu les glacis arénacés qu'ils entourent de leurs ramifications arborescentes.

- Evolution des états de surface au cours de l'hivernage 1986

Les observations de couvert végétal herbacé effectuées à la fin du mois de juillet et à la fin du mois d'août 1986 mettent en évidence une décroissance du couvert herbacé sur la ligne D5 (17 % fin juillet, 6 % fin août), une stabilisation du couvert herbacé sur les lignes B2 et B3 avec un pourcentage de recouvrement voisin de 30 % dès la fin juillet et un accroissement de l'ordre de 10 % des pourcentages de recouvrement sur les lignes G4, G5 et D7.

Les observations de biomasse effectuées mensuellement, de la fin du mois de juin 1986 à la fin du mois d'octobre, sur les lignes B2 et B3, mettent en évidence une croissance lente au cours du mois de juillet (5 à 15 grammes de matière sèche par mètre carré), une croissance rapide pendant le mois d'août 1986 (45 à 50 grammes par mètre carré) puis une stabilisation sur la ligne B2 et une décroissance sur la ligne B3 jusqu'à la fin du mois d'octobre.

Dans les dépressions, par humectation, les pellicules plasmiques rebroussées et desquamées retrouvent temporairement leur continuité et recouvrent le fond des dépressions d'un film argileux imperméable.

Les phases d'humectation - dessiccation se succèdent rapidement au cours d'une même saison des pluies et il suffit de quelques jours sans pluies pour que disparaissent les traces d'humectation superficielle sur les glacis arénacés.

- Répartition des états de surface sur les transects -

Les lignes B2 et B3 ont été choisies pour représenter la répartition des états de surface sur les glacis arénacés : figure n° 13 page 67 et tableau n° 23 page 68 pour la ligne B2, figure n° 6 et tableau n° 10 pages 32 et 33 pour la ligne B3.

Les associations de surfaces élémentaires se font surtout entre les surfaces à sables grossiers et les surfaces à pellicules plasmiques sur arènes granitiques. Les couverts en éléments grossiers dépassent rarement les proportions de 10 à 20 % sur un même état de surface et les surfaces à sables fins sont bien individualisées en buttes ou en placages sableux éoliens où se développe une belle végétation herbacée lorsque les sables ne sont pas encroûtés.

3.4. Les états de surface du réseau hydrographique

- Couches géologiques superficielles

Le réseau hydrographique des environs de la mare d'Oursi est bien développé au sud-ouest et au sud de la mare sur les glacis au substratum formé de roches métamorphiques qui entourent les massifs rocheux gabbroïques de Gouba, de Warga et de Kolel. Il pénètre plus difficilement les glacis arénacés qu'il entoure de ses ramifications dendroïques localement anastomosées. Il est absent de l'erg récent où il est éclaté en de courts tronçons discontinus et en une multitude de petites dépressions isolées. Il esquisse sur l'erg ancien des formes réticulées localement hiérarchisées.

Le fond des thalwegs situés en amont des glacis est tapissé d'alluvions formées d'un mélange d'argiles, de limons, de sables fins et grossiers. A l'approche de la mare d'Oursi, les alluvions s'enrichissent en argiles qui favorisent la formation de vertisols.

- Sols

Dans les thalwegs situés en amont de la mare d'Oursi se développent des vertisols topomorphes sur alluvions argileuses situés principalement à proximité de la mare en direction du sud-ouest et des vertisols topolithomorphes sur altérites de roches basiques de faible extension au nord du massif de Warga.

Les sols de la mare d'Oursi sont des sols hydromorphes minéraux peu humifères à gley sur dépôts argileux et argilo-sableux ; ils sont associés à des matériaux sableux au nord et à l'est de la mare sur une frange large de plusieurs centaines de mètres, à des arènes granitiques au sud de la mare sur une largeur de 200 à 300 mètres.

Les vertisols sur alluvions ou sur roches basiques ont des teneurs en argiles et limons supérieures à 65 %, des teneurs en sables fins de l'ordre de 15 à 25 %, des teneurs en sables grossiers de l'ordre de 10 %, une forte

porosité (25 %), une forte humidité à PF 3 (20 %) et une faible perméabilité (1 cm/heure).

Les sols hydromorphes peu humifères à gley sur argiles sableuses ou sur arènes granitiques ont des teneurs en argiles et limons supérieures à 50 %, des teneurs en sables fins comprises entre 25 et 35 %, des teneurs en sables grossiers comprises entre 10 et 15 %. Leur porosité varie entre 15 et 40 %, leur humidité à PF 3 est voisine de 20 % et leur perméabilité est de 2,5 centimètres par heure.

Les sols hydromorphes sur matériau sableux tranchent assez nettement sur les autres types de sols par leur faible teneur en argiles et limons (10 %), leur forte teneur en sables fins (50 %) et en sables grossiers (40 %), leur faible humidité à PF 3 (5 %) et leur très forte perméabilité : 17 cm/h.

- Relief

La partie amont du réseau hydrographique incise les glacis en sillons profonds de 1 à 2 mètres, selon des pentes longitudinales inférieures à 1 %, par de petits réseaux bien hiérarchisés.

Près de l'altitude 315 mètres, la pente longitudinale des marigots devient très irrégulière et s'atténue jusqu'à atteindre des valeurs inférieures à 0,2 % provoquant des discontinuités dans le réseau hydrographique, une certaine instabilité des chenaux d'écoulement et de larges débordements pendant les fortes crues.

Le fond de la mare d'Oursi est plat, la profondeur de l'eau y dépasse exceptionnellement 2 mètres. Aux plus hautes eaux, pour une cote aux échelles limnimétriques égale à 3 mètres (profondeur moyenne inférieure à 2 mètres), la surface occupée par le plan d'eau est de 14,5 km² et le volume stocké dans la mare est de 14 millions de m³.

- Méso-relief

La largeur des lits mineurs des marigots ne varie pas beaucoup de l'amont vers l'aval, leur profondeur aurait tendance à diminuer avec la pente générale à l'approche de la mare.

En hautes eaux, les écoulements débordent largement hors des lits mineurs noyant sous une nappe liquide de larges bas-fonds habituellement exondés.

- Micro-relief

Les sols vertiques des bas-fonds développent des structures superficielles polygonales formées de profondes fentes de retrait larges de 3 à 5 centimètres.

- Couvert végétal

Le taux de recouvrement herbacé des bas-fonds du réseau hydrographique est très élevé, de l'ordre de 70 % sur la ligne B4 avec une phytomasse herbacée maximale de 120 g/m² sur la ligne B4, de 550 g/m² au bord de la mare.

Le taux de recouvrement arboré est compris entre 15 et 20 % sur la ligne B4.

La mare d'Oursi est elle-même recouverte d'une abondante végétation aquatique de nénuphars lorsque la profondeur d'eau est suffisante, d'une abondante végétation hygrophile lorsque la profondeur d'eau est faible.

- Surfaces élémentaires

Il n'a pas été effectué de relevé détaillé de la répartition des surfaces élémentaires sur le réseau hydrographique de la mare d'Oursi.

Une partie importante des bas-fonds est occupée par des vertisols (surface élémentaire de type 48), une autre partie est occupée temporairement par de l'eau libre. En 1986, la nappe d'eau libre atteignit une surface de 14 km² soit 25 % de la surface totale occupée, sur le bassin versant de la mare d'Oursi, par le réseau hydrographique.

- Activité faunique

La mare d'Oursi est la plus grande mare naturelle située dans la partie la plus septentrionale du Burkina Faso. Avec les autres mares temporaires qui jalonnent les premières dunes éoliennes dans la frange sud du Sahara, elle constitue un lieu privilégié de passage pour les migrations d'oiseaux africains et européens. Dès les premières pluies assez fortes, la mare se peuple d'une multitude d'oiseaux sauvages qui nichent ou se perchent dans les arbres des bas-fonds situés à la périphérie de la mare.

En saison sèche, la mare d'Oursi sert de réservoir pour l'alimentation en eau du bétail qui effectué d'incessants va-et-vient entre la mare et les pâturages les plus proches.

De nombreux troupeaux stationnent aux environs de la mare et dans ses parties asséchées pendant toute la saison sèche.

- Activité hydrique

L'écoulement des eaux n'est vraiment important dans le réseau hydrographique du bassin versant de la mare d'Oursi que pour des averses dont la hauteur pluviométrique est supérieure à 40 millimètres. Il est inexistant pour les averses dont la hauteur pluviométrique est inférieure à 10 millimètres.

L'érosion linéaire est active dans la partie amont du réseau de drainage, au-dessus de l'altitude 325 mètres, et les processus de dépôts se manifestent bien avant la mare d'Oursi.

En 1986, deux événements pluvieux ont atteint la hauteur de 55 millimètres au poste de Jalafanka : le premier a eu lieu le 13 juillet, provoquant un apport de 7 millions de mètres cubes dans la mare et le second a eu lieu le 1er septembre, produisant un apport de 5 millions de mètres cubes. Au-dessus du niveau habituel des hautes eaux, soit au-dessus de la cote actuelle de 2,70 mètres, le processus d'infiltration influe pendant une dizaine de jours en accentuant fortement la descente des niveaux de la mare puis il s'interrompt rapidement, la descente des niveaux d'eau n'étant alors influencée que par le phénomène d'évaporation.

Au cours des dix dernières années (1976-1986) la mare s'est asséchée en moyenne 1 année sur deux, la plus longue période d'assèchement ayant été observée du 15 février au 15 juillet 1986.

- Evolution des états de surface

La ligne B4, située dans le bas-fond qui borde vers l'ouest le glacis de Jalafanka, a fait l'objet d'un suivi régulier de l'évolution de son couvert végétal au cours de l'hivernage 1986. Le couvert végétal herbacé, déjà très important à la fin du mois de juin 1986 sur le transect, reste constant jusqu'au mois d'octobre avec un taux de recouvrement proche de 70 %.

La phytomasse herbacée croît rapidement dès les premières pluies du mois de juin. Elle atteint déjà en 1986 la valeur de 50 grammes de matière sèche à la fin juin sur la ligne B4 ; elle dépasse 160 g/m² vers la fin juillet puis décroît en août et septembre, conservant vers la fin du mois d'octobre une valeur de 90 g/m².

Commencée au début du mois de septembre, la sénescence était complète à la fin du mois d'octobre.

Les vertisols, qui occupent une bonne partie des bas-fonds en amont de la mare d'Oursi, présentent en saison sèche un aspect très caractéristique. Une structure horizontale polygonale et une structure verticale prismatique avec de larges et profondes fentes de retrait.

L'humectation de ce type de sol provoque la fermeture des fentes par gonflement des argiles. Les vertisols sont donc susceptibles d'absorber une partie des ruissellements qui ne sont pas canalisés par les lits mineurs des marigots. Quand les fentes de retrait se sont refermées, les vertisols deviennent très imperméables. Très durs à l'état sec, ils deviennent meubles et gluants lorsqu'ils sont bien humectés.

4. Hydrodynamique des états de surface de la région d'Oursi

Chaque ligne d'observation ou transect est constituée de surfaces élémentaires qui s'accocient en proportions variables pour constituer des états de surface.

La description des transects conduit au découpage des lignes d'observation en segments caractérisés :

- par leur couvert minéral composé d'un assemblage de 2 à 3 surfaces élémentaires dont les proportions ont été évaluées sur chaque segment,
- par leur couvert végétal herbacé dont le taux de recouvrement a été estimé de manière visuelle,
- par leur micro-relief et leur macro-porosité.

En affectant à chaque type de surface élémentaire d'une même ligne une relation hydrodynamique conformément aux règles d'attribution éditées dans le rapport consacré à la caractérisation des principales surfaces élémentaires de la région d'Oursi (J. L. JANEAU, J. M. LAMACHERE, septembre 1988), sans tenir compte des effets dûs au transfert des eaux de ruissellement de l'amont vers l'aval des versants, nous avons formulé pour chaque transect une relation hydrodynamique de la forme :

$$RT^j = \sum_{i=1}^n a_i R_i \quad \text{avec} \quad a_i = \frac{l_i}{L}$$

- où RT^j est la relation hydrodynamique du transect j ,
 l_i est la longueur occupée sur le transect j , par le type de surface élémentaire i ,
 R_i est la relation hydrodynamique du type de surface élémentaire i ,
 L est la longueur totale du transect j .

Une utilisation intéressante de ces relations consiste à calculer pour chaque transect la hauteur d'eau de fréquence décennale disponible pour le ruissellement, hauteur d'eau que nous appellerons lame non-infiltrée de fréquence décennale.

Les mesures au pluviomètre standard, de surface réceptrice 400 cm² placée à 1 mètre du sol, permettent d'estimer la pluie ponctuelle journalière de fréquence décennale à environ 67 millimètres dans la région d'Oursi.

Les mesures simultanées de la pluie au sol et de la pluie récoltée 1 mètre au-dessus de la surface du sol (CHEVALLIER - 1987) montrent que, dans la région d'Oursi, les quantités d'eau de pluie récoltées au niveau du sol sont 1,3 fois plus fortes que les quantités récoltées 1 mètre au-dessus, lorsque le couvert arboré et arbustif est très claismé. Sur le bassin versant de la mare d'Oursi, la pluie ponctuelle journalière de fréquence décennale est donc estimée à environ 87 millimètres au niveau du sol.

En supposant que la pluie de fréquence décennale survient dans des conditions moyennes d'humectation des sols, c'est-à-dire pour un indice de Kohler égal à 15 millimètres dans la région d'Oursi, nous avons calculé cas par cas les lames non-infiltrées correspondantes. Il est alors très pratique de classer les transects en fonction croissante des lames non-infiltrées de fréquence décennale, c'est-à-dire de leur aptitude au ruissellement.

4.1. Hydrodynamique des états de surface du système dunaire

4.1.1. L'erg récent

L'erg récent est caractérisé par l'association des surfaces élémentaires de type 35, 36 et 45 dont l'aptitude au ruissellement est extrêmement faible (relations R9 et R10). L'apparition locale de surfaces élémentaires à pellicules plasmiques est due à l'existence de paléosols sous la couche de sables fins (ligne O11) ; elle provoque une légère augmentation du ruissellement.

Les relations hydrodynamiques ont été classées dans l'ordre croissant des lames non infiltrées :

. lignes B6, B9, B10, O1 et O2,

$$RT = \underline{R9}$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 22 mm

. ligne B7

$$RT = 0,95 \underline{R9} + 0,05 R15$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 25 mm

. ligne O11

$$RT = 0,73 \underline{R9} + 0,04 \underline{R10} + 0,23 R15$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 36 mm.

4.1.2. L'erg ancien

L'erg ancien est caractérisé par une forte variabilité des aptitudes au ruissellement de ses transects en fonction de l'importance respective des surfaces élémentaires 33, 34 et 45, constituées de sables fins déliés couverts par une végétation herbacée assez dense dont l'aptitude au ruissellement est très faible (relations R6 et R9), et des surfaces élémentaires 42 et 43 formées de sables fins compactés recouverts de pellicules plasmiques sans végétation dont l'aptitude au ruissellement est extrêmement forte (relation R15).

. ligne O10

$$RT = 0,86 R9 + 0,05 R6 + \underline{0,09 R15}$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 28 mm

. ligne O14

$$RT = 0,71 R9 + 0,12 R6 + \underline{0,17 R15}$$

lame non infiltrée de fréquence décennale : LNI = 34 mm

. ligne O7

$$RT = 0,80 R9 + \underline{0,20 R15}$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 34 mm

. ligne B8

$$RT = 0,21 R8 + \underline{0,61 R15} + 0,18 R9$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 69 mm

4.1.3. Les jupes sableuses

Les jupes sableuses ont des comportements hydrodynamiques analogues à ceux de l'erg ancien. Elles possèdent cependant un recouvrement sableux éolien moins épais et la relation R6, associée aux surfaces élémentaires de type 32 et 34, remplace la relation R9 dans les relations hydrodynamiques générales.

. ligne G1

$$RT = \underline{0,50 R6} + 0,37 R9 + 0,13 R5$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 35 mm

. ligne D1

$$RT = \underline{0,94 R6} + 0,06 R15$$

lame-non infiltrée de fréquence décennale : LNI = 36 mm

. ligne O5

$$RT = \underline{0,85 R6} + 0,15 R15$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 40 mm

. ligne 06

$$RT = \underline{0,63 R6} + 0,34 R15$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 48 mm

. ligne 012

$$RT = \underline{0,36 R6} + 0,54 R15 + 0,10 R16$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 62 mm

De même que sur l'erg ancien, l'accroissement du ruissellement sur les sols des jupes sableuses est étroitement lié à l'augmentation des surfaces nues à pellicules plasmiques (surfaces élémentaires de type 42, 43 et 44) représentées dans les relations précédentes par les relations R15 et R16.

Les champs cultivés ont un comportement hydrodynamique très particulier qui dépend de l'état du micro-relief après sarclage. Un champ fraîchement sarclé retient des quantités d'eau plus importantes (relation R12) qu'un champ où les averses ont déjà remanié la surface du sol (relation R11).

Les relations hydrodynamiques des surfaces cultivées sont les suivantes :

. champ C2

$$RT = \underline{0,84 (R11 \text{ ou } R12)} + 0,16 R9$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale :

champ fraîchement sarclé : LNI = 25 mm

micro-relief dégradé : LNI = 32 mm

. champ C4

$$RT = \underline{R11 \text{ ou } R12}$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale :

champ fraîchement sarclé : LNI = 25 mm

micro-relief dégradé : LNI = 34 mm

. champ C3

$$RT = \underline{0,55 (R11 \text{ ou } R12)} + 0,39 R9 + 0,06 R15$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale :

champ fraîchement sarclé : LNI = 27 mm

micro-relief dégradé : LNI = 34 mm

. champ C1

$$RT = \underline{0,41 (R11 \text{ ou } R12)} + 0,32 R15 + 0,27 R17$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale :

champ fraîchement sarclé : LNI = 54 mm

micro-relief dégradé : LNI = 58 mm

4.1.4. Les placages sableux sur glacis et interfluves

L'aptitude au ruissellement des glacis et interfluves dépend surtout de l'importance du couvert sableux fin éolien associé à son couvert végétal herbacé. Bien couvertes par un tapis herbacé abondant, les surfaces élémentaires de type 30, 31, 32 et 34 sont représentées par la relation R6 (LNI = 33 mm). Nues, sans végétation herbacée, ces mêmes surfaces sableuses éoliennes sont représentées par les relations R7 ou R8 (LNI = 73 mm).

La différence entre ces deux types de relation, exprimée en potentiel de ruissellement, est considérable.

Les relations hydrodynamiques de quelques transects, dont le recouvrement sableux éolien est supérieur à 20 %, ont été classées par ordre croissant des aptitudes au ruissellement :

. ligne B3, glacis arénacé

$$RT = 0,03 R3 + 0,31 R5 + \underline{0,33 R6} + 0,22 R14 + 0,11 R17$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 59 mm

. ligne B5, glacis sur sols bruns vertiques ou modaux

$$RT = 0,14 R3 + \underline{0,33 R6} + 0,50 R13 + 0,03 R17$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 61 mm

. ligne G5, glacis arénacé

$$RT = 0,02 R1 + 0,35 R5 + \underline{0,21 R6} + 0,32 R14 + 0,10 R17$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 64 mm

. ligne K6, glacis sur sols bruns vertiques ou modaux

$$RT = 0,08 R5 + \underline{0,35 (R7 \text{ ou } R8)} + 0,51 R13 + 0,06 R17$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 74 mm

4.2. Hydrodynamique des états de surface des massifs rocheux, buttes cuirassées, crêtes et inselbergs.

4.2.1. Les massifs rocheux

A l'échelle des surfaces élémentaires, les massifs rocheux présentent de fortes aptitudes au ruissellement en raison de l'importance des roches nues en affleurement (relations R1 et R2) et des éléments grossiers à la surface du sol (relations R3 et R4). Cette forte aptitude des roches au ruissellement se traduit à l'échelle des transects par des aptitudes fortes à très fortes.

. ligne K11, roches métamorphiques

$$RT = 0,65 R3 + 0,19 R5 + 0,16 R6$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 63 mm

. ligne O13, massif de Tin Edjar

$$RT = 0,90 R3 + 0,05 R5 + 0,05 R6$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 69 mm

Cependant, le relief très particulier des massifs rocheux, leur macro-porosité, constituée de fissures et de vides entre les blocs de roches dures, perturbe beaucoup le ruissellement et conduit à augmenter considérablement la rétention de l'eau à l'intérieur des massifs. Ainsi, sur le bassin versant de Kolel, situé dans un massif de gabbros où la surface du sol est un chaos de grosses boules de roche dure, la lame ruisselée de fréquence décennale n'est-elle que de 20 millimètres.

4.2.2. Les buttes cuirassées

Les surfaces élémentaires des buttes cuirassées présentent de fortes aptitudes au ruissellement (relations R2 et R3) qui se traduisent à l'échelle des transects par des aptitudes au ruissellement également très fortes :

. ligne K12, butte aux chats

$$RT = R2$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 82 mm

Toutefois, l'existence de fissures sur les plateformes et de blocs rocheux sur les talus des buttes cuirassées crée une macro-porosité qui produit probablement les mêmes effets qu'à l'intérieur du massif de Kolel.

4.2.3. Les inselbergs et amas granitiques.

Dans la région d'Oursi, les affleurements granitiques se présentent souvent sous la forme de gros blocs entourés de sables grossiers, résultant de la décomposition du granite, et de sables fins d'origine éolienne. Dans les relations hydrodynamiques, la roche saine est représentée par la relation R1 (LNI = 84 mm), les sables grossiers sont représentés par la relation R5 (LNI = 70 mm) et les sables fins bien couverts par la végétation herbacée sont représentés par la relation R6 (LNI = 33 mm).

L'importance des sables fins éoliens et de leur couvert végétal herbacé conditionne donc l'aptitude au ruissellement des zones d'affleurement granitique.

. ligne G4

$$RT = 0,02 R1 + 0,37 R5 + 0,29 R6 + 0,32 R14$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 62 mm

. ligne G5

$$RT = 0,02 R1 + 0,35 R5 + 0,21 R6 + 0,32 R14 + 0,10 R17$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 64 mm

4.3. Hydrodynamique des états de surface des glacis et interfluves

4.3.1. Les glacis et interfluves pierreux

Les glacis et interfluves pierreux se caractérisent par un pourcentage d'éléments grossiers à la surface du sol supérieur à 10 % (relations R1, R2, R3 ou R4). Ces éléments grossiers sont associés à des sables grossiers (relation R5) et à des sols nus à pellicules plasmiques de type sol brun subaride vertical ou modal (relation R13). Toutes ces relations produisent, pour une averse de fréquence décennale de 87 millimètres, des lames non-infiltrées supérieures ou égales à 70 millimètres.

L'aptitude au ruissellement des glacis et interfluves pierreux dépend donc essentiellement de l'importance du couvert sableux fin et de son couvert végétal herbacé (voir paragraphe 4.1.4.)

Le classement des transects dans l'ordre croissant des aptitudes au ruissellement illustre bien cette caractéristique générale.

. ligne B5

$$RT = 0,14 R3 + \underline{0,33 R6} + 0,50 R13 + 0,03 R17$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI : 61 mm

. ligne D2

$$RT = 0,16 R3 + 0,45 R5 + \underline{0,21 R6} + 0,18 R13$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 64 mm

. ligne K2

$$RT = 0,18 R3 + 0,17 R5 + \underline{0,16 R6} + 0,41 R13 + 0,08 R16$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 66 mm

. ligne D10

$$RT = 0,11 R1 + 0,32 R5 + \underline{0,08 R6} + 0,35 R13 + 0,14 R16$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 70 mm

. ligne D3

$$RT = 0,01 R1 + 0,15 R3 + 0,34 R5 + \underline{0,06 R6} + 0,44 R13$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 71 mm

4.3.2. Les glacis à gravillons ferrugineux

Les glacis à gravillons ferrugineux sont couverts à plus de 30 % par des sables grossiers ferrugineux (relation R5) ou des gravillons ferrugineux (relation R4).

Comme sur les autres glacis, l'importance du couvert sableux fin et de sa végétation herbacée (relation R6) y conditionne l'aptitude au ruissellement qui décroît avec l'augmentation des pourcentages de recouvrement des surfaces élémentaires de type 30, 31, 32 ou 34 bien couvertes par la strate herbacée.

. ligne K3

$$RT = 0,30 R5 + \underline{0,19 R6} + 0,41 R13 + 0,10 R18$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 66 mm

. ligne G2

$$RT = 0,70 R5 + \underline{0,15 R6} + 0,02 R14 + 0,12 R15 + 0,01 R17$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 66 mm

. ligne D7

$$RT = 0,12 R4 + 0,60 R5 + 0,05 (R7 \text{ ou } R8) + 0,03 R14 + 0,20 R16$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 70 mm

. ligne D3

$$RT = 0,01 R1 + 0,15 R3 + 0,34 R5 + \underline{0,06 R6} + 0,44 R13$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 71 mm

. ligne D8

$$RT = 0,08 R3 + 0,10 R4 + 0,69 R5 + 0,07 R14 + 0,01 R15 + 0,05 R16$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 71 mm

4.3.3. Les glacis et interfluves sur sols bruns nus vertiques ou modaux

Les glacis et interfluves sur sols bruns nus, vertiques ou modaux, sont couverts à plus de 40 % par des surfaces élémentaires de type 40 (relation R13) dont l'aptitude au ruissellement est très forte (LNI = 76 mm pour une averse décennale de 87 millimètres).

Ces glacis ou interfluves peuvent être couverts en partie d'éléments grossiers, de gravillons ferrugineux ou de placages sableux éoliens.

L'importance du couvert sableux éolien bien couvert par la végétation herbacée (relation R6) s'y révèle déterminante sur le ruissellement.

Les mêmes surfaces élémentaires sans couvert herbacé (relations R7 ou R8) voient leur aptitude au ruissellement augmenter dans des proportions considérables (LNI = 73 mm pour une averse décennale de 87 mm).

. ligne B5 avec placages sableux éoliens,

$$RT = 0,14 R3 + \underline{0,33 R6} + \underline{0,50 R13} + 0,03 R17$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 61 mm

- . ligne K2 avec éléments grossiers,
RT = 0,18 R3 + 0,17 R5 + 0,16 R6 + 0,41 R13 + 0,08 R16
lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 66 mm
- . ligne K3 avec gravillons ferrugineux,
RT = 0,30 R5 + 0,19 R6 + 0,41 R13 + 0,10 R18
lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 66 mm
- . ligne D3 avec éléments grossiers,
RT = 0,01 R1 + 0,15 R3 + 0,34 R5 + 0,06 R6 + 0,44 R13
lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 71 mm
- . ligne G3
RT = 0,29 R5 + 0,24 (R7 ou R8) + 0,42 R13 + 0,05 R17
lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 73 mm
- . ligne B1
RT = 0,05 R2 + 0,07 R3 + 0,29 (R7 ou R8) + 0,54 R13 + 0,05 R16
lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 74 mm
- . ligne K6
RT = 0,08 R5 + 0,35 (R7 ou R8) + 0,51 R13 + 0,06 R17
lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 74 mm

4.3.4. Les glacis arénacés

Les glacis arénacés sont couverts à plus de 20 % par des sables grossiers issus de la décomposition des granites (surface élémentaire de type 21, relation R5, LNI = 70 mm), à plus de 20 % par des surfaces élémentaires de type 41 dont l'aptitude au ruissellement est extrêmement forte (relation R14, LNI = 76 mm).

Ils peuvent être parsemés de blocs de granite et couverts partiellement de gravillons ferrugineux ou de sables éoliens. L'influence du couvert sableux éolien bien couvert par la végétation herbacée (relation R6) s'y révèle déterminante sur le ruissellement.

- . ligne B3 avec placages sableux éoliens,
RT = 0,03 R3 + 0,31 R5 + 0,33 R6 + 0,22 R14 + 0,11 R17
lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 59 mm
- . ligne G4
RT = 0,02 R1 + 0,37 R5 + 0,29 R6 + 0,32 R14
lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 62 mm
- . ligne G5
RT = 0,02 R1 + 0,35 R5 + 0,21 R6 + 0,32 R14 + 0,10 R17
lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 64 mm

. ligne D7, avec gravillons ferrugineux,

$$RT = 0,12 R4 + \underline{0,60 R5} + 0,05 (R7 \text{ ou } R8) + 0,03 R14 + 0,20 R16$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 70 mm

. ligne D5

$$RT = 0,04 R3 + \underline{0,23 R5} + \underline{0,37 R14} + 0,25 R16 + 0,11 R18$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 71 mm

. ligne B2

$$RT = 0,01 R1 + 0,08 R3 + \underline{0,25 R5} + 0,11 (R7 \text{ ou } R8) + \underline{0,36 R14} \\ + 0,13 R16 + 0,06 R18$$

lame non-infiltrée de fréquence décennale : LNI = 71 mm

4.4. Hydrodynamique des états de surface du réseau hydrographique

Les fentes de retrait, qui partagent en saison sèche les vertisols des bas-fonds de la région d'Oursi en blocs prismatiques, ne permettent pas de procéder sur ce type de sol à des essais de ruissellement au simulateur de pluies.

Les surfaces élémentaires de type 48 et 49 ne sont donc pas associées à des relations hydrodynamiques.

Le réseau hydrographique occupe à peu près 20 % de la superficie du bassin versant de la mare d'Oursi soit une surface de 53 km².

En hautes eaux, le plan d'eau de la mare couvre à lui seul 25 % de cette surface.

En début de saison des pluies, les sols du réseau hydrographique ont une capacité de rétention importante. Ils sont donc susceptibles d'influer sur les volumes ruisselés des premières crues en stockant une partie des eaux de ruissellement.

Avec la fermeture des fentes de retrait par gonflement des argiles humectées, les vertisols deviennent rigoureusement imperméables et contribuent à alimenter l'écoulement des eaux vers la mare d'Oursi. L'humectation des vertisols est probablement progressive et les vertisols assez éloignés du lit mineur ne sont vraisemblablement humectés que très tardivement.

Une étude comparative de la propagation des crues dans les bas-fonds du bassin versant de la mare d'Oursi, en relation avec une étude de la transformation des vertisols, permettrait de caractériser leur influence sur le ruissellement.

4.5. Classification hydrodynamique des états de surface de la région d'Oursi

Pour cartographier l'aptitude au ruissellement et à l'infiltration des sols de la région d'Oursi, il est indispensable d'établir une classification.

Il nous a semblé judicieux d'établir cette classification par le calcul des lames non-infiltrées de fréquence décennale pour une pluviométrie au sol de 87 millimètres et un indice de Kohler égal à 15 millimètres.

Chaque classe d'aptitude au ruissellement est ainsi définie par un intervalle de variation de sa lame non-infiltrée de fréquence décennale, limité par une borne inférieure et une borne supérieure. Le comportement hydrodynamique de chaque classe est caractérisé par une ou deux relations hydrodynamiques choisies parmi les plus représentatives dans l'échantillon des relations déterminées sur les transects.

En prenant le complément de la lame non-infiltrée par rapport à la pluie, on obtient la lame infiltrée puis le coefficient d'infiltration KI en divisant la lame infiltrée par la hauteur pluviométrique. Le coefficient d'infiltration ainsi obtenu doit être considéré comme une valeur minimale, celui-ci étant susceptible d'augmenter avec une décroissance des pluies et de l'indice de Kohler IK.

A l'échelle des surfaces élémentaires, la formulation du coefficient d'infiltration est en effet la suivante en % :

$$KI = 100 \left[1 - (a + c IK) - \frac{d+bIK}{p} \right]$$

Celle du coefficient de ruissellement s'établit comme suit : $KR = 100 - KI$

$$KR = 100 \left[(a + c IK) + \frac{d+bIK}{p} \right]$$

Les coefficients a, c et b étant positifs et le coefficient d toujours négatif, lorsque IK croît avec P constant, le coefficient de ruissellement croît et le coefficient d'infiltration décroît.

De même avec IK constant et P croissant, le terme $\frac{d + b IK}{p}$ décroît, étant négatif il fait croître le coefficient de ruissellement et décroître le coefficient d'infiltration.

La classification hydrodynamique des états de surface s'établit donc de la manière suivante, les lames non-infiltrées et les coefficients d'infiltration étant calculés pour une pluie de 87 mm et un indice IK de 15 mm :

classe 1 : Lame non-infiltrée de fréquence décennale inférieure ou égale à 20 millimètres.

Erg vif.

$$RT = R10$$

$$LNI = 8 \text{ mm}$$

$$KI = 90 \%$$

classe 2 : Lame non-infiltrée de fréquence décennale supérieure à 20 millimètres, inférieure ou égale à 30 millimètres.

Champs sarclés sur sables fins très épais, champs C2, C3 et C4 :

$$C2 \quad RT = 0,84 R12 + 0,16 R9$$

$$LNI = 25 \text{ mm}$$

$$KI = 70 \%$$

Transects sur sables fins très épais, couverts à moins de 10 % par des pellicules plasmiques : lignes B6, B7, B9, B10, O1, O2, O10.

$$B7 \quad RT : 0,95 + 0,05 R15$$

$$LNI = 25 \text{ mm}$$

$$KI = 70 \%$$

classe 3 : Lame non-infiltrée de fréquence décennale supérieure à 30 millimètres, inférieure ou égale à 40 millimètres.

Transects sur sables fins épais couverts à plus de 10 % et moins de 20 % par des pellicules plasmiques : lignes O5, O7, O11, O14, G1, D1.

$$O14 \quad RT = 0,71 R9 + 0,12 R6 + 0,17 R15$$

$$LNI = 34 \text{ mm}$$

$$KI = 60 \%$$

Champs non sarclés, champs C2, C3 et C4.

$$C3 \quad RT = 0,55 R11 + 0,39 R9 + 0,06 R15$$

$$LNI = 34 \text{ mm}$$

$$KI = 60 \%$$

classe 4 : Lame non-infiltrée de fréquence décennale supérieure à 40 millimètres, inférieure ou égale à 50 millimètres.

Transects sur sables fins épais couverts à plus de 20 % et moins de 35 % par des pellicules plasmiques : ligne O6.

$$RT = 0,63 R6 + 0,34 R15$$

$$LNI = 48 \text{ mm}$$

$$KI = 45 \%$$

classe 5 : lame non-infiltrée de fréquence décennale supérieure à 50 millimètres, inférieure ou égale à 60 millimètres.

Transects sur glaciers recouverts à plus de 30 % de sables fins peu épais bien enherbés et moins de 40 % par des pellicules plasmiques : ligne B3.

$$\begin{aligned} RT &= 0,03 R3 + 0,31 R5 + 0,33 R6 + 0,22 R14 + 0,11 R17 \\ LNI &= 59 \text{ mm} \\ KI &= 32 \% \end{aligned}$$

Champ sarclé et non sarclé couvert à plus de 40 % par des pellicules plasmiques : champ C1.

$$\begin{aligned} RT &= 0,41 R12 + 0,32 R15 + 0,27 R17 \\ LNI &= 54 \text{ mm} \\ KI &= 38 \% \end{aligned}$$

classe 6 : lame non infiltrée de fréquence décennale supérieure à 60 millimètres, inférieure ou égale à 65 millimètres.

Transects sur glaciers recouverts à plus de 20 % par des sables fins bien enherbés : lignes B5, D2, G4 et G5.

$$\begin{aligned} G4 \quad RT &= 0,02 R1 + 0,37 R5 + 0,29 R6 + 0,32 R14 \\ LNI &= 62 \text{ mm} \\ KI &= 29 \% \end{aligned}$$

Transects sur sables fins à plus de 50 % et moins de 60 % de pellicules plasmiques : ligne O12.

$$\begin{aligned} O12 \quad RT &= 0,36 R6 + 0,54 R15 + 0,10 R16 \\ LNI &= 62 \text{ mm} \\ KI &= 29 \% \end{aligned}$$

Transects sur massifs rocheux à plus de 15 % de sables fins bien enherbés : ligne K11.

$$\begin{aligned} RT &= 0,65 R3 + 0,19 R5 + 0,16 R6 \\ LNI &= 63 \text{ mm} \\ KI &= 27 \% \end{aligned}$$

classe 7 : lame non-infiltrée de fréquence décennale supérieure à 65 millimètres, inférieure ou égale à 70 millimètres.

Transects sur glaciers recouverts à moins de 20 % et plus de 7 % par des sables fins bien enherbés : lignes D7, D10, G2, K2 et K3.

$$\begin{aligned} K3 \quad RT &= 0,30 R5 + 0,19 R6 + 0,41 R13 + 0,10 R18 \\ LNI &= 66 \text{ mm} \\ KI &= 24 \% \end{aligned}$$

Transects sur sables fins à plus de 60 % de pellicules plasmiques : ligne B8, erg ancien.

$$\begin{array}{l} \text{B8} \quad \text{RT} = 0,21 \text{ R8} + 0,61 \text{ R15} + 0,18 \text{ R9} \qquad \text{LNI} = 69 \text{ mm} \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{KI} = 20 \% \end{array}$$

classe 8 : lame non infiltrée de fréquence décennale supérieure à 70 millimètres, inférieure ou égale à 75 millimètres.

Transects sur glacis recouverts à moins de 7 % par des sables fins bien enherbés : lignes B1, B2, D5, D8, G3 et K6.

$$\begin{array}{l} \text{G3} \quad \text{RT} = 0,29 \text{ R5} + 0,24 (\text{R7 ou R8}) + 0,42 \text{ R13} + 0,05 \text{ R17} \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{LNI} = 73 \text{ mm} \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{KI} = 16 \% \end{array}$$

classe 9 : lame non-infiltrée de fréquence décennale supérieure à 75 millimètres.

Roche nue.

$$\text{RT} = \text{R1 ou R2} \qquad \qquad \qquad \text{LNI} = 84 \text{ ou } 82 \text{ mm}$$

L'infiltration, nulle sur de petites surfaces, peut devenir importante à l'échelle des massifs rocheux : sur le massif de Kolel KI = 74 %.

Eau libre, sol saturé d'eau.

A l'échelle des averses, une nappe d'eau libre peut être considérée comme une surface totalement imperméable, de même qu'un sol complètement saturé.

Tableau n° 24 : Comportement hydrologique des états de surface de la région d'Oursi : évaluation des lames ruisselées en mm.

	P = 10 mm			P = 30 mm			averse décennale P = 87 mm IK = 15 mm	
	IK = 0	IK = 10	IK = 20	IK = 0	IK = 10	IK = 20	LR	KR %
classe 1 Erg vif	0	0	0	0	0	0	7.8	9
classe 2 C2 B7	0	0	0.1	4.4	5.4	6.4	25	29
	0.4	0.4	0.4	2.3	3.3	8.2	25	29
classe 3 O14 C3	1.3	1.3	1.3	5.8	6.7	7.6	34	39
	0.5	0.5	0.8	6.0	7.1	8.2	32	37
classe 4 O6	2.6	2.6	2.6	11.9	12.7	13.7	48	55
classe 5 B3 C1	0.3	0.7	1.0	13.3	14.5	15.8	59	68
	2.4	2.4	2.4	14.5	15.3	16.2	54	62
classe 6 G4 O12 K11	0.5	1.0	1.3	14.5	15.7	16.9	62	71
	4.1	4.1	4.1	17.5	18.1	18.7	62	71
	1.8	2.4	3.0	17.0	17.9	19.0	63	72
classe 7 K3 B8	0.4	1.0	1.4	16.0	17.1	18.2	66	76
	5.2	5.2	5.2	20.9	21.1	21.4	69	79
classe 8 G3	1.5	2.1	2.7	19.4	20.3	21.2	73	84
roche nue classe 9	2.5 à 7.9	2.5 à 7.9	2.5 à 7.9	21 à 28	23 à 28	25 à 28	84	97
eau libre	10	10	10	30	30	30	87	100

5. Conclusion

Chaque unité de paysage de la région d'Oursi est caractérisée par un nombre limité de surfaces élémentaires qui s'associent en proportions variables pour constituer des états de surface dont l'aptitude au ruissellement croît avec l'absence de végétation herbacée et l'apparition de pellicules plasmiques.

L'erg récent est caractérisé par un recouvrement épais de sables fins déliés avec un couvert herbacé abondant (dune vêtue) ou sans couvert herbacé (erg vif). Le déplacement des dunes fait apparaître un paléosol localement rubéfié, compacté, recouvert de pellicules plasmiques. L'aptitude au ruissellement des états de surface de l'erg récent est très faible : les coefficients de ruissellement restent inférieurs à 5 % pour les faibles pluies, inférieurs à 15 % pour les pluies moyennes, de l'ordre de 25 % pour les très fortes pluies.

L'erg ancien et les jupes sableuses qui entourent les massifs rocheux ou bordent l'erg récent, sont caractérisés par un recouvrement assez épais de sables fins déliés, bien couverts par une strate herbacée abondante, associés à des sables fins compactés couverts de pellicules plasmiques sans végétation herbacée. L'aptitude au ruissellement des états de surface de l'erg ancien et des jupes sableuses dépend essentiellement des pourcentages de recouvrement des sables fins en sols nus à pellicules plasmiques. Pour un taux de recouvrement en sols nus, sans végétation, couverts de pellicules plasmiques, inférieur à 10 %, l'aptitude au ruissellement des états de surface de l'erg ancien et des jupes sableuses est identique à celle de l'erg récent. Pour un taux de recouvrement en sols nus, couverts de pellicules plasmiques, égal à 30 %, le coefficient de ruissellement des états de surface de l'erg ancien et des jupes sableuses est de 25 % pour les faibles pluies, de 40 % pour les pluies moyennes et de 48 % pour les pluies exceptionnelles. Pour un taux de recouvrement en sols nus, couverts de pellicules plasmiques, égal à 60 %, le coefficient de ruissellement des états de surface varie de 50 % pour les faibles pluies, à 70 % pour les pluies moyennes et 80 % pour les pluies exceptionnelles. La croissance des aptitudes au ruissellement est donc impressionnante sur les sols sableux fins dès que disparaît la végétation herbacée au profit des surfaces nues à pellicules plasmiques.

Les massifs rocheux, les buttes cuirassées et les inselbergs granitiques sont caractérisés par des surfaces élémentaires dont l'aptitude au ruissellement est très forte.

Cependant, la macro-porosité des massifs rocheux et des buttes cuirassées, constituée de fissures et de cavités entre les blocs rocheux, augmente la rétention de l'eau à l'intérieur des buttes et des massifs de telle sorte que, pour les fortes pluies, leur coefficient de ruissellement reste généralement inférieur à 30 %. Quant aux inselbergs et aux chaos granitiques, ils sont entourés de sables grossiers et de sables fins. L'importance des sables fins, bien couverts par la strate herbacée, y conditionne l'aptitude au ruissellement.

Un taux de recouvrement en sables fins bien enherbés de l'ordre de 30 % donne un coefficient de ruissellement de l'ordre de 10 % pour les faibles pluies, de 50 % pour les pluies moyennes et de 60 % pour les pluies exceptionnelles.

Selon la taille et la nature des éléments minéraux à la surface des glacis et interfluves, surfaces planes à faible pente qui occupent 60 % de la superficie du bassin versant de la mare d'Oursi, nous avons distingué les glacis pierreux, les glacis à gravillons ferrugineux, les glacis nus sur sols bruns vertiques ou modaux et les glacis arénacés sur substratum granitique. Les surfaces élémentaires des glacis et interfluves, à l'exception des sols sableux fins bien enherbés, présentent de très fortes aptitudes au ruissellement. L'aptitude au ruissellement des glacis et interfluves dépend donc directement du pourcentage de recouvrement total en sables fins éoliens bien couverts par la végétation herbacée.

Le coefficient de ruissellement d'un glacis, dont les sables fins bien enherbés couvrent plus de 30 % de la surface totale, varie de 10 % pour les faibles pluies, à 48 % pour les pluies moyennes et 68 % pour les pluies exceptionnelles. Un glacis recouvert à moins de 10 % par des sables fins bien enherbés voit son coefficient de ruissellement croître de 20 % pour une faible pluie, à 68 % pour une pluie moyenne et 84 % pour une averse exceptionnelle.

Pour cartographier l'aptitude au ruissellement et à l'infiltration des sols de la région d'Oursi et plus généralement des sols sahéliens, il apparaît donc indispensable de distinguer sur les images satellitaires la couverture sableuse éolienne et son couvert herbacé. L'influence de la strate herbacée apparaît finalement essentielle à la détermination des coefficients de ruissellement sur les glacis, les interfluves, l'erg ancien et les jupes sableuses.

La possibilité offerte par le satellite SPOT et la société SPOT IMAGE de programmer les prises de vue au cours de la saison des pluies ouvre donc de nouvelles perspectives à la cartographie hydrologique en zone sahélienne.

BIBLIOGRAPHIE

BADIARA L.; (décembre 1986).

Contribution à l'étude de l'évolution saisonnière des états de surface des zones pâturées sur le bassin versant de la mare d'Oursi (Burkina Faso).

Mémoire de fin d'études I.D.R., Université de Ouagadougou, ORSTOM, 146 pages.

CASENAVE A., VALENTIN C., (1988).

Les états de surface de la zone sahélienne.

Influence sur l'infiltration.

ORSTOM, Paris. 202 pages, 10 annexes.

CHEVALLIER P., CLAUDE J., POUYAUD B., BERNARD A., (1985).

Pluies et crues au Sahel.

Hydrologie de la mare d'Oursi (Burkina Faso) 1976-81.

Editions de l'ORSTOM - Collection Travaux et Documents n° 190. Paris - 251 pages.

DEVINEAU J.L., FOURNIER A., LAMACHERE J.M., (novembre 1986).

Programme d'évaluation préliminaire SPOT.

PEPS n° 149. SPOT OURSI - Rapport intermédiaire.

Centre ORSTOM de Ouagadougou - Burkina Faso - 52 pages.

JANEAU J.L., LAMACHERE J.M., (septembre 1988).

Programme d'évaluation préliminaire SPOT.

PEPS n° 149 - SPOT - OURSI - Caractérisation des principales surfaces élémentaires de la région d'Oursi.

Centre ORSTOM de Ouagadougou - Burkina Faso. 33 pages.

JOLY F., DEWOLF Y., RIOU G., (février 1980).

Le bassin de la mare d'Oursi (Haute-Volta).

Etude géomorphologique et géodynamique.

Contraintes naturelles.

Université de Paris VII. Laboratoire de géographie physique.

65 pages - 3 cartes.

LAMACHERE J.M., (1988).

Interprétation des images satellitaires SPOT et cartographie des aptitudes au ruissellement et à l'infiltration des sols sur un bassin versant sahélien : le bassin versant de la mare d'Oursi - Burkina Faso.

Centre ORSTOM de Ouagadougou. Communication aux journées techniques du C.I.E.H., 9 au 11 février 1988 - 18 pages.

LEPRUN J.C., (décembre 1977).

Esquisse pédologique au 1/50 000ème des alentours de la mare d'Oursi avec notice et analyses des sols.

ORSTOM - DGRST - 53 pages. esquisse pédologique.

VALENTIN C., (1985).

Différencier les milieux selon leur aptitude au ruissellement : une cartographie adaptée aux besoins hydrologiques. Journées hydrologiques de MONTPELLIER - 20 pages, 2 tableaux, 5 figures.

YABRE B., (1988)

Interprétation de photographies aériennes et d'images satellitaires SPOT pour le suivi temporo-spatial des superficies cultivées sur le bassin versant de la mare d'Oursi (Burkina Faso).

Mémoire de maîtrise, Université de Ouagadougou, Institut des Sciences Humaines et Sociales, Département de Géographie - 121 pages.

Annexe 1 : Méthodes de description des points d'observation
(après VALENTIN, 1985).

Couvert végétal

- * couvert arborée : la densité et le type de distribution des grands arbres sont des paramètres qui peuvent aisément être relevés sur le terrain. Leur identification sur photographies aériennes facilite ensuite le tracé de certaines limites. Les ligneux sont décrits en fonction de leurs strates principales définies par des limites de hauteur (exemple : >15 m, entre 10 et 15 m, entre 5 et 10 m, entre 2 et 5 m, entre 1 et 2 m, < 1 m). Pour chacune des strates, on s'efforce de noter :
 - le pourcentage de recouvrement,
 - la distance moyenne entre les individus
 - le type de distribution : régulière, en flots (bosquets),...
 - éventuellement : l'espèce dominante, ou significative, le type de port,...
- * tapis herbacé : les mêmes critères sont pris en compte. Une attention particulière est portée sur les relations entre les caractères du tapis herbacé et les autres composantes de l'état de surface (les graminées sont par exemple associées à un recouvrement sableux).
- * végétation de surface : les principales caractéristiques (recouvrement, ...) des végétaux de surface sont relevées. Il est souvent possible de noter ainsi la présence plus ou moins marquée de plantes rampantes, de mousses, de lichens, d'algues, de graines ou de très jeunes pousses.
- * résidus végétaux : qu'il s'agisse de végétation naturelle ou de culture, il est important d'estimer le recouvrement assuré par les organes végétaux morts, pas encore humifiés. Ils peuvent être en place (herbes sèches dressées), inclinés, ou sur le sol et plus ou moins fragmentés. Il est bien sûr utile de relever également la présence de cendres, et d'autres indices de brûlis.

Organisations pédologiques superficielles

- * litière : constituée de résidus végétaux plus transformés que précédemment, la litière est souvent discrète, voire absente en zone de savane. Nous incluons dans cette rubrique les éventuels chevelus racinaires affleurants.
- * activité faunique : ce n'est pas l'activité faunique proprement dite qui est appréciée, mais plutôt la nature et le recouvrement des différentes constructions opérées par la mésofaune : termitières, placages de récolte de termites, fourmilières, turricules de vers,...
- * micro-relief : les principales caractéristiques du micro-relief (forme, amplitude, relations avec le sens de plus grande pente, etc...) sont relevées, surtout lorsqu'il présente une grande régularité (buttes, billons, ...).
- * indices et migration de constituants : il peut s'agir de dépôts (érosion hydrique ou déflation éolienne), de transports (traces d'écoulement en nappe ou hiérarchisé) ou de dépôts. Citons, à titre d'exemple la hauteur des salissures par rejaillissement sur les tiges des herbes, l'importance des déchaussements, l'existence de figures en piedestal (micro-buttes témoins), de griffes, d'atterrissements sableux, etc...
- * micro-profil : les matériaux pédologiques présentent souvent des différenciations verticales assez nettes à proximité de la surface. Il est possible de distinguer, même à l'oeil nu, une ou plusieurs organisations lamellaires, ou pelliculaires, que nous désignons par le terme de "micro-horizon". Les caractères les plus importants à noter en sont : l'épaisseur, l'humidité lors de la description, la continuité, la couleur, la taille des constituants, le type (fentes, vésicules, ...) et le développement de la porosité, la dureté, la fragilité et le type de relation avec le micro-horizon suivant (estimé par le degré de discordance). Cette succession de micro-horizons correspond souvent à des "processus de réorganisation" qui conduisent à une distribution granulométrique verticale inverse de celle qui résulte de la sédimentation : les matériaux les plus grossiers (galets, gravillons ou sables) recouvrent une pellicule plastique ou sont enchassés en elle. Il arrive que cette succession verticale se répète sur les premiers centimètres de l'horizon superficiel, confondant ainsi à celui-ci une structure lamellaire bien marquée.

Annexe 2 : Méthodes de description des parcelles.

RUBRIQUE	NATURE DE LA VARIABLE	METHODE D'OBTENTION
RECOUVREMENT		
- couvert végétal	%	estimation visuelle in situ
- résidus	%	estimation visuelle in situ
- gravillons libres	%	estimation visuelle in situ
ORGANISATIONS DE SURFACE		
- microrelief :	hauteur (cm) obstruction	mesure in situ de l'amplitude moyenne notation in situ : 0 : pas d'obstruction à l'écoulement, 1 : faible, l'obstacle est subparallèle à l'axe d'écoulement, 2 : moyen, l'obstacle est à près de 45°, 3 : 45° angle 90°, 4 : angle = 90°
- algues et mousses :	couvert	notation in situ : 0 : absence, 1 : traces, 2 : près de 5% ; 3 : près de 15%, 4 : 30%
- activité mésofaunique	couvert porosité	notation in situ du couvert des constructions mésofauniques, comme algues et mousses. notation in situ : 0 : absence, 1 : type placage de termite, 2 : type turricules de vers, 3 : type fourmillière.
- gravillons enchassés	%	estimation visuelle in situ
- fentes	largeur	notation in situ ; 0 : absence, 1 : 1mm, 2 : 1mm et en réseau.
- hydromorphie de surface	abondance de taches	notation visuelle in situ, 0 : absence, 1 : traces, 2 : taches rouilles peu nombreuses (5% de la surface), 3 : nombreuses (5%). Ces taches se localisent généralement sur la face inférieure de la pellicule plasmique.
- prise en masse des sables	cohésion	notation visuelle, 0 : absence, 1 : sables non pris en masse, 2 : sables pris en masse couvrant moins de 50% de la surface, 3 : couvrant plus de 50% de la surface.
- porosité vésiculaire	abondance des vésicules	notation visuelle in situ : 0 : absence, 1 : 5%, 2 : entre 5% et 30%, 3 : 30%.
- pellicule plasmique	continuité	notation visuelle, 0 : absence, 1 : la pellicule est présente à l'affleurement ou sous les sables sur plus de 50% de la surface, 2 : plus de 70%, 3 : plus de 95%.
	épaisseur	notation visuelle, 0 : absence, 1 : pellicule peu individualisée, 2 : épaisseur de l'ordre de 0,5 mm, 3 : de l'ordre de 1 mm.
- complexité des micro-organisations pelliculaires superficielles	polygénèse	notation visuelle, 0 : absence, 1 : superposition de 2 systèmes pelliculaires, 2 : de plus de 2 sur moins d'1 cm de profondeur, 3 : sur plus d'1 cm.
- érosion	type	notation visuelle : 0 : absence, 1 : traces d'impact, 2 : figures en piedestal peu marquées, 3 : bien marquées, 4 : érosion en marches d'escalier, 5 : érosion linéaire.
SOL		
	profondeur apparition d'un horizon à drainage limité	notation d'après description du profil pédologique : 0 : absence ou profondeur supérieure à 60 cm, 1 : entre 40 cm et 60 cm, 2 : entre 20 cm et 40 cm, 3 : 20 cm.
	texture (0-20 cm)	notation tactile, 0 : sableux, 1 : sablo-argileux, 3 argileux.
	porosité (0-20 cm)	notation visuelle, 0 : très poreux, 1 : assez poreux, 2 : peu poreux, 3 : très peu poreux.
	hydromorphie (0-20 cm)	notation visuelle d'après indices de couleurs, et taches, 0 : absence, 1 : traces, 2 : quelques taches, 3 : nombreuses taches ou couleur bleutée.
	classe de drainage	notation synthétique d'après description du profil, perméabilités estimées comme très élevée : 0, élevée : 1, moyenne : 2, assez faible : 3, très faible : 4, quasi nulle à saturation : 5.

Annexe 3

MEMENTO A L'USAGE DES DESCRIPTEURS DE SURFACE

1-Couvert Végétal

Distribution: aléatoire, régulière, en flots, en bandes...

Port: en cylindre, fuseau, parasol, demi-orange, entonnoir, touffe, boule....
importance des traces de feu, du déchaussement, traces d'impact de gouttes
sous la couronne....

strate herbacée:

port: graminéen, horizontal, de ligneux

relations avec l'activité faunique, la porosité, les micro-horizons sableux

végétation de surface: mousses, lichens, algues, graines, jeunes pousses,
champignons....

anthropisation: indices de culture.....

résidus végétaux: morts en place, dressés, inclinés, couchés.

degré de fragmentation, relation avec l'activité faunique,
figures en piedestal....

2-Organisations pédologiques superficielles

Activité faunique estimée d'après les constructions: termitières (type, hauteur,
évolution, diamètre...) placages de récolte, fourmilières, turricules de
vers....

Micro-relief: plan, convexe, concave, régulier, irrégulier, allongé, en
marches d'escalier éventuellement nanorelief.

morphologie longitudinale (aux courbes de niveaux)

morphologie transversale (à l'écoulement de l'eau) : à rentrants (arrondis
ou anguleux) à saillants. pente.

surface sensu stricto: description du ou des micro-profils, variations verti-
cales et latérales des micro-horizons.

