

TABLEAU XXVI

Bilans hydriques annuels estimés pour différents types de sol

	P1m	Ps	R	I	D	ETR
Milieux sableux	380	498	0	498	66	432
Milieux argileux	380	505	138	367	3	364
Milieux sablo-argileux	380	475	80	395	19	376
Milieux à concrétions	380	475	92	383	6	377

## LA DYNAMIQUE ACTUELLE DES ÉTATS DE SURFACE

### LA NOTION D'ÉTAT DE SURFACE

Après avoir évoqué la redistribution des eaux d'infiltration dans les sols, il peut paraître surprenant de reconsidérer les modalités de ces infiltrations depuis la surface du sol. En fait, les taux de remplissage des " réservoirs " des différents types de sols dépendent, en partie, des débits de l'eau pouvant y parvenir donc de la conductivité hydraulique saturée des surfaces.

Depuis quelques années, des expériences de simulation de pluies, réalisées notamment sur les sols de la zone sèche, ont prouvé l'intérêt d'étudier attentivement les caractéristiques des surfaces dans la mesure où celles-ci contrôlent les flux d'infiltration dans la totalité du profil. L'analyse de nombreuses informations regroupant des descriptions de surfaces et les expérimentations réalisées sur ces surfaces ont permis de dresser une liste des organisations superficielles, ou " états de surface ", des zones sèches, d'expliquer leurs formations et leurs caractéristiques hydrodynamiques (CASNAVE et VALENTIN, 1989).

Le terme " état de surface " décrit l'organisation, à un instant donné, d'un volume renfermant : le couvert végétal, les matériaux posés sur le sol et les organisations pédologiques superficielles qui ont subi des transformations sous l'effet des facteurs météorologiques, fauniques et anthropiques. L'exemple de la figure 13, extrait de l'ouvrage de CASNAVE et VALENTIN, montre une surface élémentaire résultant de la mise en culture et dont l'infiltrabilité globale dépend des caractéristiques de quatre associations de microhorizons (1 : croûte structurale, 2 : croûte d'érosion, 3 : croûte de ruissellement, 4 : croûte de décantation) juxtaposés sur cette surface. Leur étude nécessite des

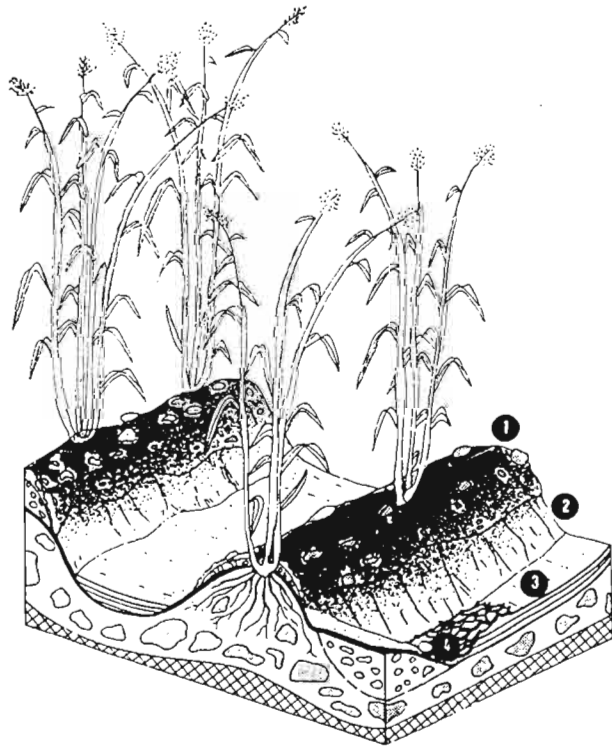


Figure 13 - Exemple d'association d'états de surface sur un billonnage (d'après CASNAVE et VALENTIN, 1989).

changements d'échelle pour décrire les organisations structurales de la micromorphoscopie à la macromorphoscopie ainsi que leurs distributions dans le paysage depuis la microtopographie jusqu'aux informations livrées par la télédétection. Leurs caractérisations hydrodynamiques font appel aux techniques infiltrométriques sous simulation de pluies, seule méthode permettant d'imiter les contraintes résultant des précipitations naturelles et d'en suivre les effets évolutifs sur les sols. Les durées d'existence, les modalités de transformations de ces organisations superficielles dépendent du rythme des saisons et des systèmes d'exploitation qu'elles supportent. Ce sont donc des " éléments marqueurs " de la dynamique des paysages particulièrement intéressants en zone sèche.

## IDENTIFICATION ET COMPORTEMENTS HYDRODYNAMIQUES DES PRINCIPAUX ÉTATS DE SURFACE

Les premiers travaux prenant en compte les caractéristiques hydrodynamiques des surfaces représentatives du bassin de la mare d'Oursi remontent à la première campagne de simulation de pluies de 1979 (COLLINET *et al.*, 1980). La formalisation de méthodes rigoureuses d'identifications et de caractérisations hydrodynamiques sous infiltromètre à aspersion s'est progressivement dégagée des travaux de VALENTIN (1981 b, 1985, 1986), CHEVALLIER (1982, 1985 b), CASENAVE et VALENTIN (1989), au moins en ce qui concerne la zone sahélienne de l'Afrique de l'Ouest. Dans cette zone, et particulièrement sur la mare d'Oursi, cette identification des états de surface a aussi bénéficié de l'apport des informations pédologiques et géomorphologiques antérieures de BOULET (1968, 1978), LEPRIN (1977), JOLY, DEWOLF et RIOU (1980).

Sur l'ensemble du bassin, on distingue une dizaine de situations représentatives considérées comme des " états de surface ". Parmi ceux-ci un état correspond à des affleurements cuirassés plus ou moins continus, quatre se rattachent à des épandages ou à des affleurements d'éléments grossiers, cinq sont des surfaces sur matériaux meubles à dominance sableuse ou à dominance argileuse, avec ou sans pellicule consolidée superficiellement et plus ou moins enherbées.

On ne retiendra ici qu'une caractérisation sur cinq situations représentatives en prenant notamment quelques exemples provenant de surfaces différenciées sur un glacis s'étendant à partir du massif de Kolel (OURSIS 1 à 3, figure 14).

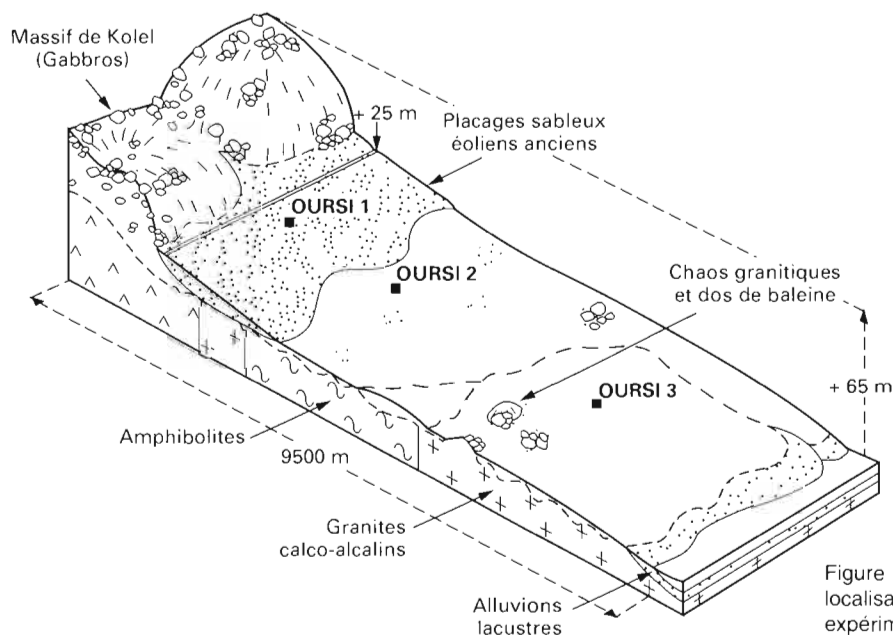


Figure 14 - Géoséquence d'Oursi : localisation des trois sites expérimentaux.

**Sables fins d'origine éolienne, non consolidés et minces lames de concentrations plasmiques, discontinues, en profondeur, couvert herbacé > 60 %, pentes de 3 à 5 %**

Ce type de surface se développe sur des dépôts sableux éoliens récents ou actuels fréquemment accumulés en piémont du versant nord des reliefs délimitant le bassin de la mare. Une coupe sur quelque 10 à 20 cm (figure 15 A) permet de distinguer un certain nombre de microhorizons (mh) différenciés sous l'effet d'une dynamique actuelle (mh 1 à 4 sur OURSI 1 A), selon des caractéristiques texturales, structurales et des modifications de la cohésion.

Sans entrer dans le détail, on peut y distinguer un ensemble de niveaux de sables fins meubles avec quelques interstratifications plus cohérentes (mh 1 et 3) et quelques minces lames plus argileuses que l'on désignera par les termes de " concentrations plasmiques " (dans le sol, le " plasma " argileux joue le rôle de ciment entre les grains du " squelette " qui est, quant à lui, souvent constitué de grains de quartz). Ces lames de concentrations plasmiques se comportent en " barrière hydraulique " contrôlant l'infiltrabilité du sol dès sa surface et ce de façon plus ou moins efficace selon leur consolidation, leur épaisseur, leur continuité.

La formation de ces lames de concentrations plasmiques met en jeu un ensemble de processus de dislocation du fond matriciel (association plasma + squelette) sous l'effet de l'énergie des pluies, de migration et de regroupement du plasma argileux au-dessus d'un niveau où le dégazage du sol est momentanément contrarié par la saturation hydrique sus-jacente. Ces processus s'articulent très étroitement avec les différentes phases caractéristiques de formation des ruissellements, la concentration finale se produisant au moment du ressuyage rapide du sol à l'issue de l'averse. La complexité apparente de l'enchaînement de ces processus a pu être étudiée en faisant coïncider les prises d'échantillons de surface de sol avec les différentes phases de ruissellement. À partir de ces échantillons on obtient finalement des lames minces translucides permettant toutes observations et interprétations sous microscopie optique.

Ce premier type de surface est très perméable en début de saison des pluies, l'infiltrabilité tend ensuite à diminuer au fur et à mesure que s'édifie(nt) la (ou les) concentration(s) plasmique(s). Ce colmatage superficiel n'est jamais très important car une végétation herbacée se développe, dès le début de la saison des pluies, à partir des graines piégées dans les sables meubles et qui germent grâce à des réserves hydriques suffisantes. Les processus de mobilisation, migration, concentration des argiles sont ainsi contrariés et la lame plasmique s'interrompt à l'aplomb des touffes d'herbe qui constituent autant de drains préférentiels pour les eaux d'infiltration.

Les relations s'établissant entre les caractéristiques morphologiques et les comportements hydrodynamiques sont résumées sur le tableau XXVII où l'on a regroupé les données provenant de différents essais réalisés sur des surfaces équivalentes. On y a aussi fait figurer les valeurs médianes et les limites de variation des données synthétiques de CASENAVE et VALENTIN (1989).

On constate une diminution sensible du coefficient d'infiltration ( $K_i$  %) entre l'état sec et l'état humide. Cette différence importante traduit deux choses :

- d'abord, un colmatage des surfaces lié au cumul des énergies des pluies ;
- ensuite, comme ce colmatage n'est que partiel, un remplissage des " réservoirs " profonds du sol, donc une diminution du déficit de saturation du sol.

Figure 15 - Organisations superficielles sur le site OURSI 1,  
A : sables éoliens meubles,  
B : pellicule plasmique.

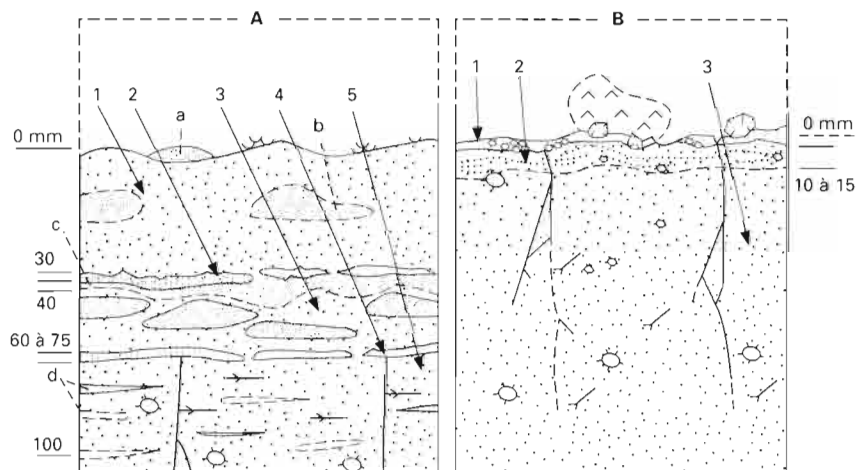


TABLEAU XXVII

Comportements hydrodynamiques des principaux états de surface du bassin versant de la mare d'Oursi

1 ÉTATS DE SURFACES	2 RÉFÉR.	3 RUISELLEMENT		4 INFILTRATION		5 INT. LIMITE		6 P. IMBIBITION	
		Lr = aPu + b		Ki (%)		Ii (mm.h <sup>-1</sup> )		Pi (mm)	
		a	b	sec	hum.	sec	hum.	sec	hum.
(a) Sables fins éoliens, quelques lames plasmiques discont., profondes	AX * L5 ** OUS1*** DES****	0,4 0,4 0,4 0,3	- 6 -15 -13 - 8	85 - 80/90 80/90	44 50 35/75 51/79	45 37 29 -	17 19 18 10/20	13 - 15 20/30	4 - 4 10/20
(b) Pellicules plasmiques consolidées, en surface	AZ * L1 ** ERO****	0,9 0,8 0,9	- 9 - 1 - 9	47 - 15/30	24 21 13/22	22 - -	4 3 0/2	3 - 2/6	2 - 0/5
(c) Lames plasmiques de décantation ou fusion, sols vertiques à argiles gonflantes	OUS2*** M2.3 ** DEC****	0,8 0,8 0,8	- 5 -23 - 12	25/35 - 35/55	13/20 6 20/35	2 12 -	2 10 0/2	8 - 4/10	1 - 4/7
(c) <i>id.</i> , lame de dessiccation, sols vertiques à argiles gonflantes	DX,DZ *	0,9	- 11	50/70	3/7	15/20	0	8/10	3/6
(d) Dépôts colluviaux sableux et pellicules plasmiques sur arènes granitiques	OUS3*** N1 **	0,8 0,8	- 4 - 8	16/34 -	12/16 10	1 -	4 4	6 -	1 -
(e) 30 % épandages gravillons ferrugin., non inclus dans la pellicule	BY,BZ *	0,9	- 8	15/22	10/14	21	6	4	3
(e) 50 % épandages graviers de quartz, inclus dans la pellicule	CY *	0,9	- 7	20	6	13	0	4	3

1 - États de surfaces : caractérisation synthétique des organisations superficielles ; lettres (a) à (e) : référence au texte.

2 - Références : désignation des sites expérimentaux pris en exemple. Travaux de \* CHEVALLIER (1982,1985 b), \*\* VALENTIN (1979, 1981 a), \*\*\* COLLINET *et al.* (1980), COLLINET (1988), \*\*\*\* CASNAVE, VALENTIN (1989).

3.- Ruissellement : a et b = pente et ordonnée à l'origine de la droite de régression dans l'équation de la lame ruisselée.  $Lr = aPu + b$ , en mm.

4 - Infiltration : Ki = coefficient d'infiltration sur sols secs et humides, = somme des lames infiltrées / somme des hauteurs de pluies, en %.

5 - Intensité limite : Ii = intensité limite de la pluie provoquant les premiers ruissellements, en mm.h<sup>-1</sup>, (obtenue graphiquement par intersection de la première bissectrice et de la droite Fn (I)).

6 - Pluie d'imbibition : Pi = quantité d'eau infiltrée avant le début du ruissellement, en mm, sur sols secs et humides.

La hauteur de la lame infiltrée est elle-même le résultat de la conjonction de deux phénomènes :

- pendant une période assez longue (par rapport à ce que l'on constatera sur les autres surfaces), l'intensité de l'averse reste inférieure à la conductivité hydraulique du sol, une certaine hauteur de pluies préliminaire ( $P_i$  mm) s'infiltré totalement avant l'apparition du ruissellement ;
- les intensités limites de la pluie, à partir desquelles apparaissent ces ruissellements, restent relativement élevées, même lorsque le sol est humide.

#### **Pellicules plasmiques consolidées, continues, superficielles, sur sables fins d'origine éolienne, couvert herbacé < 5 %, pentes de 3 à 5 %**

Ce type de surface dérive du type précédent par ablation du (ou des) microhorizon(s) de sables meubles superficiels, cette ablation pouvant être due soit à la déflation éolienne, soit à l'érosion hydrique, soit à l'action conjuguée de ces deux processus se succédant dans le temps. Ces surfaces se juxtaposent donc aux précédentes. Elles sont souvent très lissées, leur rugosité est généralement insuffisante pour que des graines puissent s'y fixer. Elles constituent ainsi des étendues dénudées.

Elles résultent de la mise en affleurement du microhorizon de concentration plasmique décrit précédemment. Bien que très fin, ce microhorizon peut se consolider par développement de différents processus :

- par ultradessiccation d'autant plus intense que ces surfaces, de couleur sombre, réfléchissent peu les radiations ;
- par précipitation des sels minéraux concentrés en surface par l'évaporation ;
- dans certains cas cette consolidation est complétée par le développement d'algues et de filaments mycéliens ;
- enfin, en saison humide la battance des pluies accentue cette cohésion.

La figure 15 B représente une coupe d'état de surface sur le site OURSI 1, son profil très simplifié ne nécessite pas de commentaires particuliers.

Il s'agit de surfaces peu à non perméables où l'infiltrabilité ne peut être restaurée que par des interruptions naturelles ou artificielles de la pellicule superficielle (abrasion en plaques par le vent de sable, piétinement du bétail par exemple). Ces surfaces ruissellent dès les premières averses comme le prouvent les très faibles hauteurs de pluies d'imbibition et des intensités limites très basses quelles que soient les humectations antérieures.

#### **Épaisses lames plasmiques superficielles des systèmes de fusion, de décantation, sur sols à argiles gonflantes**

Ce type de surface est strictement lié aux sols à argiles gonflantes se formant eux-mêmes soit sur des roches riches en bases calco-alcalines (exemple du site OURSI 2), soit en des sites topographiques collectant des eaux elles-mêmes riches en bases (certaines couvertures pédologiques de la périphérie de la mare). Les argiles gonflantes désignent des argiles minéralogiques appartenant à la famille des smectites (montmorillonite). Celles-ci possèdent la propriété d'adsorber beaucoup d'eau entre leurs feuillets, donc d'augmenter leur volume apparent en saison humide. En saison sèche, elles se rétractent par dessiccation ce qui détermine une structuration du sol en prismes, cubes, polyèdres, ou larges lames vers la surface. Ces unités structurales sont séparées par des vides importants plus ou moins connectés avec un réseau de fissures verticales, larges de plusieurs centimètres, très profondes (70 à 150 cm), débouchant en surface et y constituant un maillage polygonal de fentes ouvertes en saison sèche, refermées en saison humide.

Le comportement hydrodynamique de ces sols, et de ces surfaces, est donc lié à ce type particulier d'argile mais aussi à la nature des cations qui les saturent. Si le calcium prédomine, les unités structurales sont plus fines et résistent partiellement au processus de fusion lors des sursaturations hydriques de saison des pluies. Si c'est le magnésium qui prédomine, les structures de saison sèche deviennent très grossières à massives, en saison humide le sol " fond " littéralement sur une profondeur de 5 à 8 cm.

L'évolution de ces surfaces est ainsi liée aux conditions d'humectation (hauteurs et répartition des pluies dans l'année) et aux conséquences de ces humectations sur des argiles particulières. Il est d'ailleurs plus judicieux de parler de système d'états de surface plutôt que d'une seule surface élémentaire. La figure 16 schématise cette dynamique des états de surface : le micromodelé AB en buttes (A) et en cuvettes (B) représente une situation de saison des pluies moyenne. L'aplanissement généralisé (C) représente la situation au même endroit pour une année exceptionnellement humide.

*Sous-système de fusion-dessiccation (A)*

Les surfaces exondées (buttes A de la figure 16) correspondent aux zones contaminées par les sables éoliens plus ou moins longuement fixés par un couvert herbeux qui s'est développé à partir de graines piégées dans les fissures du sol ou dans les copeaux de dessiccation de la surface (figure 17). Les premiers microhorizons sont contaminés par les apports sableux éoliens (mh 2 et 3). En profondeur, la texture devient de plus en plus argilo-limoneuse. La structure lamellaire superficielle (mh 2, 3 et 4) traduit cette interstratification de matériaux de textures différentes, on passe ensuite à une structure cubique (mh 5), puis polyédrique à prismatique (mh 6). Cette différenciation structurale et les modalités particulières de l'enracinement (racines engagées dans l'agrégat ou plaquées sur l'agrégat) traduisent la profondeur atteinte annuellement par la sursaturation hydrique amenant la fonte des agrégats, celle-ci atteint par exemple - 75 mm sur la coupe de la figure 17.

Le comportement hydrodynamique de ce système est illustré par les données du tableau XXVII. Il convient cependant de distinguer deux cas de figure :

- dans les zones non fissurées, la sursaturation hydrique superficielle est générale (symbole LIQ de la figure 16), l'infiltration est faible à nulle ;
- en présence d'un réseau de fentes la sursaturation hydrique est moins générale (DES), le régime d'infiltration se dédouble : l'infiltration est moyenne avant la fermeture des fentes, très faible à nulle ensuite ; ceci explique les fortes différences des coefficients d'infiltration (Ki) selon les sites présentés sur le tableau XXVII.

*Sous-système de décantation (B)*

La partie submersible recueille les éléments détachés et transportés depuis les zones en relief (A) ; il s'y produit une interstratification de lames argileuses et de lames limono-sableuses (DEC) à travers lesquelles l'infiltration est très faible à nulle.

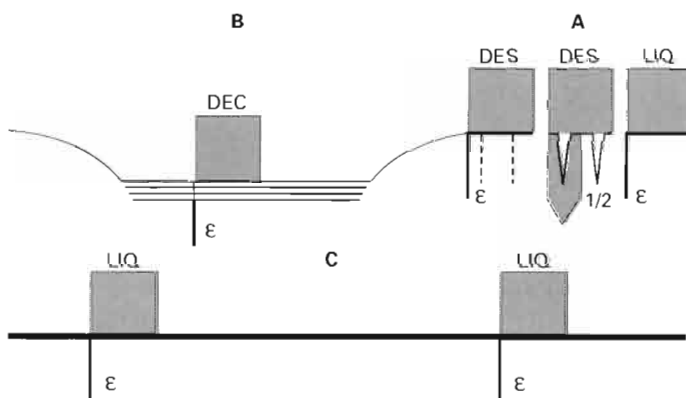


Figure 16 - Effet des concentrations plasmiques superficielles des sols à argiles gonflantes sur l'infiltration.

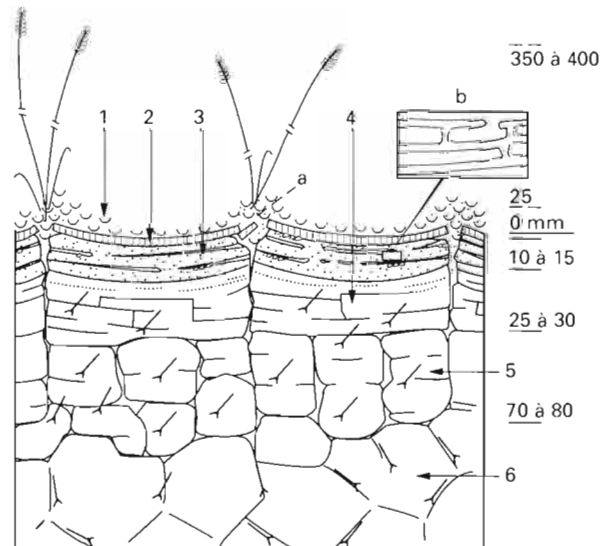


Figure 17 - Organisations superficielles sur des sols à argiles gonflantes (site OURSI 2).

### Sous-système de liquéfaction généralisée (C)

En saison très pluvieuse, la partie submersible constitue la quasi-totalité de la surface qui s'est aplani. La liquéfaction par sursaturation hydrique est générale (LIQ) jusqu'à environ - 5 cm ; l'engorgement sans perte de rigidité se produit de - 5 à - 45 cm ; en dessous, le sol reste frais à sec (site OURSI 2 par exemple). L'infiltration y est évidemment très faible à nulle.

### Dépôts colluviaux à interstratifications fines et grossières, et pellicules plasmiques consolidées, continues, superficielles, sur arènes granitiques

La figure 18 représente une coupe de cette surface composite caractéristique des glacis sur les altérations aréniformes et hydromorphes des granites calco-alcalins à gros grains.

D'épais dépôts sableux (parfois 30 cm), enherbés y alternent avec des surfaces dénudées à pellicule plasmique superficielle consolidée. Il s'agit de colluvions mobilisées, transportées, déposées par les eaux de ruissellement. La distribution des deux types de surface dépend de la force abrasive et de la compétence du courant, donc de l'épaisseur et de la vitesse de la lame ruisselante.

Dans les buttes sableuses (schéma A) alternent des lits graveleux et sableux épais (mh 2 et 5) et des lames de concentration plasmique formées *in situ* (mh 4 et 6) selon un enchaînement de processus déjà évoqué précédemment.

Les pellicules plasmiques superficielles (schéma B) proviennent de la mise en affleurement de celles formées dans les buttes sableuses, elles sont généralement plus épaisses que les lames formées dans les sables éoliens car les horizons dont elles proviennent sont nettement plus argileux.

Ces surfaces composites sont imperméables (tableau XXVII), cependant, à l'échelle du glacis, il faut tenir compte des drainages préférentiels dans les altérations ceinturant les affleurements chaotiques de granite fréquents sur cette partie de glacis.

### Épandages d'éléments grossiers

Ces surfaces présentent des accumulations superficielles d'éléments grossiers de différentes granulométries provenant de la désagrégation d'affleurements rocheux ou de carapaces et cuirasses de plateaux. Elles sont donc plus fréquentes en piémont de certains reliefs.

Ces épandages modifient très sensiblement la conductivité hydraulique des sols, mais il convient de distinguer les deux situations représentées sur la figure 19 :

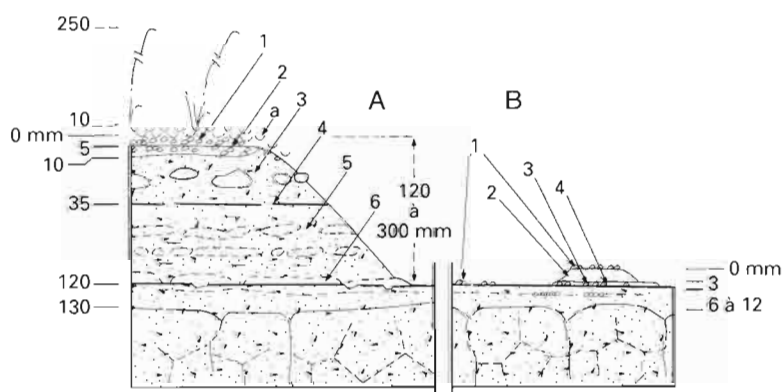


Figure 18 - Organisations superficielles dans les zones à colluvionnement (site OURSI 3). A : colluvions sableux et graveleux, B : pellicule plasmique consolidée.

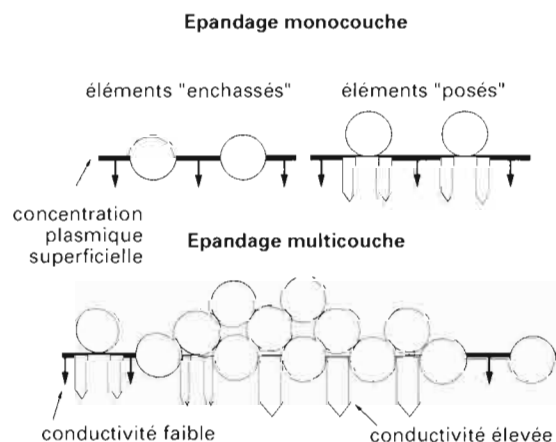


Figure 19 - Rôle des épandages d'éléments grossiers sur l'infiltrabilité des surfaces.

- éléments “ enchassés ” dans une surface à pellicule plasmique consolidée ;
- éléments posés sur une surface de même nature.

Dans le premier cas, la conductivité hydraulique de la surface est faible, elle dépend en effet d'une part du taux de recouvrement en éléments grossiers non poreux, d'autre part de l'infiltrabilité des surfaces à pellicule plasmique.

Dans le second cas, ces éléments, posés sur le sol, ménagent à leur aplomb des porosités ouvertes interrompant le processus de constitution et de conservation des lames plasmiques, ceci par interception de l'énergie cinétique des pluies.

Dans les zones sahéliennes, ces épandages sont essentiellement “ monocouches ” car les concentrations proviennent surtout d'apports latéraux. Dans les zones soudaniennes ces épandages sont plus fréquemment “ multicouches ” car ils se constituent souvent par érosion sélective des éléments fins d'horizons gravillonnaires épais arrivant en affleurement. Les surfaces gravillonnaires sahéliennes seront ainsi assez souvent moins perméables que les surfaces gravillonnaires soudaniennes.

## POTENTIALITÉS ET CONTRAINTES DES SURFACES REPRÉSENTATIVES SUR LE PLAN DE L'ÉCONOMIE DE L'EAU

Le bassin versant de la mare d'Oursi draine à la fois des ensablements éoliens, des glacis granitiques, des massifs de roches basiques. Il présente une grande variété de sols allant des vertisols à texture lourde dans le sud-ouest à des sols sableux qui prédominent dans le nord-est. Compte tenu de cette variabilité et de la présence de la plus importante réserve d'eau de l'Oudalan, il possède des potentialités certaines que l'on peut résumer à travers le comportement des principales surfaces étudiées.

### LA CUVETTE DE LA MARE

Les sols y présentent deux pôles texturaux, leur utilisation est tributaire soit de l'eau libre de la mare, soit de sa nappe.

*Les sols hydromorphes à argile gonflante* ont une très forte capacité de rétention en eau (160 mm sur les 50 premiers centimètres), mais cette eau est rapidement inutilisable par les plantes car le point de flétrissement est atteint alors que 80 à 90 mm sont encore stockés dans cette tranche de 50 cm. Leur travail est impossible en deçà et au-delà d'une étroite fourchette d'humectation. Ils pourraient supporter des cultures de décrue à condition que leur période de submersion soit suffisante car, on l'a vu précédemment, ils ne peuvent guère s'humecter que par une lente imbibition. Cette augmentation de leurs réserves d'eau utilisable est cependant seulement possible pour les sols les plus proches de la mare.

*Les sols sableux à nappe* de la mare ont une faible capacité de rétention (50 mm sur les 50 premiers centimètres), une gamme d'eau utilisable des plus étroites (30 mm sur ces 50 premiers centimètres) et, surtout, ces réserves sont déportées vers les faibles humidités ce qui fait que ces sols se dessèchent très vite. Il faut aussi signaler des risques importants de rupture de lien capillaire interrompant les remontées hydriques du fait d'hétérogénéités texturales verticales. Ils permettraient des cultures maraîchères prolongées une partie de la saison sèche par arrosage à partir de puisards.

### LES GLACIS

L'utilisation des sols des glacis est, cette fois-ci, exclusivement tributaire des précipitations.

*Les sols des dépôts sableux éoliens* (type OURSI 1) sont occupés par une steppe herbeuse à dominante graminéenne et sont fréquemment cultivés en mil et sorgho. Ils se trouvent sur les itinéraires parcourus par le bétail et présentent une situation hydrique médiocre avec des réserves étroites (0,5 à 0,6 mm d'eau par centimètre de sol) sur toute l'épaisseur du profil. Ils drainent facilement, au moins sur 140 cm, car les infiltrations correctes (35 à 75 %) se redistribuent dans un profil structuralement



et texturalement homogène. Cette homogénéité ne perturbe malheureusement pas non plus les remontées capillaires ni la dessiccation, aussi leur économie hydrique est-elle, plus que pour tout autre sol, pluvio-dépendante.

Le développement de leur couvert végétal naturel dépend du piégeage des graines sur des supports plus ou moins rugueux, il est tributaire aussi de la régularité des premières averses de mai suffisantes ou insuffisantes pour permettre les premières germinations. En ce qui concerne les semis, leur réussite va dépendre de trois choses :

- comme précédemment d'une régularité et d'une hauteur d'averses suffisantes ;
- de la formation de pellicules superficielles plus ou moins cohérentes selon les intensités des premières pluies, celles-ci constituant un obstacle mécanique à la levée des graines germées pour peu que la densité de ces graines par poquet soit insuffisante ;
- un tassement correct entre la terre et la graine, condition réalisée par des trains d'averses suffisamment rapprochés.

Dans des conditions climatiques optimales, ces sols, mis en défens, pourraient produire jusqu'à 2 t.ha<sup>-1</sup> de biomasse (GROUZIS, 1979).

*Les sols bruns subarides vertiques à pellicule limono-argileuse de liquéfaction, décantation et dessiccation* (type OURSI 3) ont une microporosité importante et homogène jusqu'aux altérites (1,0 à 1,2 mm d'eau par centimètre de sol). Malheureusement environ 90 % de la porosité totale du sol est liée à cette microporosité ; ce sont donc des sols qui vont s'engorger mais qui ne draineront pas. Comme dans le cas des sols argileux vertiques de la cuvette, l'eau stockée est rapidement inutilisable par les plantes. Ces caractéristiques hydriques sont améliorées, de façon hétérogène sur le glacis, par des contaminations sableuses dues à la déflation éolienne ou aux apports liés aux ruissellements. Il est significatif de constater (GROUZIS, 1979) que ce sont ces couvertures pédologiques et les surfaces associées qui fournissent les biomasses les plus faibles (< 1 t.ha<sup>-1</sup>). Toute maintenance de productivité d'espèces fourragères ne peut être espérée que par une mise en défens.

*Les sols ferrugineux tropicaux à buttes sableuses de colluvionnement et pellicules superficielles* (type OURSI 3) présentent de fortes variations verticales de macroporosité qui répercutent, en fait, les superpositions d'horizons lessivés et d'accumulations argileuses (voir p. 72). Leurs réserves hydriques utiles sont intéressantes jusqu'à 1 m avec 1,2 mm d'eau par centimètre de sol mais leur redistribution se heurte au problème de la rupture du lien capillaire fréquent dans les sols à textures aussi contrastées. Heureusement, comme on l'a évoqué dans le paragraphe précédent, certaines zones à drainage préférentiel autour des affleurements rocheux granitiques sont susceptibles d'alimenter des nappes superficielles et ce, indépendamment des surfaces fortement colmatées.

Ces sols pourraient convenir pour des essais de régénération de la strate arbustive naturelle à condition d'y mener une prospection détaillée pour pouvoir mieux repérer la présence et la profondeur de ces aquifères. Cette régénération introduirait une rugosité suffisante pour inverser une proportion actuellement défavorable entre les surfaces pelliculaires dénudées plus ou moins stériles et les buttes sableuses enherbées à meilleures réserves hydriques les années à répartition correcte des pluies. Comme dans le cas précédent, cette restauration passe par une mise en défens des zones favorables jusqu'à l'obtention d'une brousse fermée qui reconstitue son micromodelé propre, donc sa mosaïque d'impluviums et de surfaces drainantes.