



*Institut de Recherches Agronomiques Tropicales
et des cultures vivrières*

*Département du Centre de Coopération Internationale
en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)*

**ÉTUDE PÉDOLOGIQUE
DU MICROPÉRIMÈTRE
DE MALKA-GARFASSA (KENYA).**

*R. BERTRAND
Décembre 1986
Pédo/87/N°4*

**ÉTUDE PÉDOLOGIQUE
DU MICROPÉRIMÈTRE
DE MALKA-GARFASSA (KENYA).**

*R. BERTRAND
Décembre 1986
Pédo|87|N°4*

AVERTISSEMENT

Il nous a paru nécessaire sinon indispensable pour la suite du projet de présenter ce rapport avant que les résultats des analyses des sols, prélevés au cours de la mission, soient acquis.

En conséquence il s'agit d'un rapport qui sera complété et éventuellement modifié en fonction des résultats des analyses.

Par ailleurs la qualité des eaux d'irrigation étant pour l'instant mal connue une mise au point des conclusions de ce rapport devra être faite après une campagne annuelle de prélèvements et d'analyse d'eau référés au régime hydrologique de la rivière.

R. BERTRAND
DECEMBRE 1986

ETUDE PEDOLOGIQUE

DU PERIMETRE DE MALKA GARFASSA (KENYA)

R. BERTRAND
DECEMBRE 1986

RESUME ET CONCLUSIONS GENERALES

Dans un environnement à climat équatorial semi-aride (avec moins de 400 mm de pluie) le périmètre irrigué de MALKA GARFASSA est situé en amont du vaste cône d'épandage alluvial de l'EWA NGIRO. Née sur les versants du Mt KENYA cette rivière a un régime à la fois torrentiel et endoréique puisqu'elle se perd en aval de Merti dans ses propres alluvions. Ses eaux, en ruisselant sur un bassin versant où dominent des roches volcaniques riches en minéraux alcalins, se sont chargées en ions sodium ce qui pose quelques problèmes pour l'irrigation. Mais surtout dans cet environnement semi-aride les eaux sont surchargées en sédiments (jusqu'à plus de 3,5 kg/m³ en période de grande crue) de sorte qu'on peut presque parler d'un fleuve de boue. La sédimentation, dans le cône d'épandage, est telle que le cours de la rivière est très instable. Il est susceptible de se déplacer de plusieurs kilomètres voire plusieurs dizaines de kilomètres en balayant tout son cône de déjection.

Les reconnaissances pédologiques effectuées avant notre mission ont montré que ces sols alluviaux sont argilo-limoneux et calcaires et que très en aval du cône d'épandage on peut y trouver de vastes plages de sols sodiques ou salés.

Sur le périmètre de GARFASSA les observations réalisées au cours de la mission et interprétées en fonction du régime hydrologique torrentiel de la rivière montrent que les matériaux sont très divers. En général en surface on observe des couches argileuses à limono-argileuses à argiles gonflantes d'épaisseur très variable (10 cm à plus de 1 m) qui reposent sur des matériaux grossiers (sable fins, sables grossiers voire localement graviers) entrelardés de lentilles d'argiles limoneuses mal structurées et probablement légèrement sodiques. En conséquence les nappes étant profondes le drainage naturel vers la profondeur est suffisant pour lessiver les sels qui viendraient s'accumuler en surface sous l'effet d'irrigations trop parcimonieuses. Le problème de la salinisation des sols peut donc être maîtrisé à un niveau acceptable, sans faire appel à de

coûteux réseaux de drainage. Il suffira donc de jouer sur des pré-irrigations de lessivage ou des sur-irrigations momentanées et sur le choix d'espèces cultivées tolérantes. Des analyses de sols pour suivre l'évolution de la salinité des sols sont indispensables.

Les risques de sodisation des sols avec toutes les conséquences désastreuses qu'ils peuvent entraîner existent. En l'absence de données fiables et suffisamment détaillées sur la qualité des eaux de la rivière il est pour l'instant difficile de mesurer l'importance de ces risques et d'élaborer une stratégie susceptible de minimiser ces risques. Aussi est-il nécessaire de réaliser des prélèvements rapprochés dans le temps (tous les 15 jours) reliés au régime hydrologique de la rivière et d'analyser ces eaux correctement (conductivité électrique et bilan ionique) pour mesurer les risques et trouver d'éventuelles parades.

Les risques de déflation éolienne incitent à proposer de laisser un certain nombre d'arbres sur le périmètre (si possible en alignement) et de planter des arbres utiles le long des canaux principaux et secondaires. Le réseau étant complété autour des parcelles par des lignes de pois d'angole susceptibles d'améliorer le bilan fourrager du périmètre. A ce sujet des plantations de Pennisetum purpureum et de Cynodon dactylon sur les berges des canaux contribueraient non seulement à améliorer ce bilan fourrager mais aussi, en association avec des plantations de jujubier, à stabiliser les berges de ces canaux.

Enfin il convient de songer rapidement à une diversification des cultures.

Le sorgho (type décrue à crosse) le sésame, le soja (à condition de savoir l'utiliser) les doliques, les niébés, le pois d'angole et éventuellement la patate douce permettraient une certaine rotation de cultures. Mais les données agronomiques, en particulier variétales, sont bien minces dans ce type d'écologie.

ETUDE PEDOLOGIQUE
DU PERIMETRE DE MALKA GARFASSA

R. BERTRAND
DECEMBRE 1986

1. INTRODUCTION

Le micropérimètre de MALKA GARFASSA irrigué à partir de l'EWASO-NGIRO est situé à 0°57'N et 38°35'E vers 330 m d'altitude dans le N.E. du Kenya, district d'ISIOLO.

Le climat, de type équatorial à 2 saisons des pluies, est semi-aride avec moins de 400 mm de pluies pour une évapotranspiration potentielle de l'ordre de 2.500 mm/an (6,5 mm/jour). En moyenne seuls les mois d'avril et de novembre peuvent être considérés comme humides ($P \text{ mm} > 2 T^\circ$).

En fait il s'agit de pluies erratiques sur lesquelles on ne peut guère compter pour pratiquer l'agriculture. En conséquence il n'est pas possible de réaliser des cultures sans irrigation. Aussi, traditionnellement les paysans (surtout éleveurs) de cette région dérivent les eaux de la rivière pour irriguer de petits périmètres d'une dizaine d'hectares à quelques dizaines d'hectares au moment des crues de l'EWASO NGIRO River.

2. LE REGIME HYDROLOGIQUE DE L'EWASO-NGIRO

Ce fleuve prend ses sources sur les versants du Mont Kenya et Nyandura Rango - Marmanet forêts à plus de 4.000 m d'altitude. Il se perd vers 300 m d'altitude au N.E. de Merti, après un parcours de 350 à 400 km de long, dans des marécages temporaires. Il s'agit donc d'une rivière à régime endoréique. Il faut toutefois signaler que les marécages terminaux communiquent avec la Schebilly river en Somalie dans laquelle la rivière se jetait au cours de périodes plus humides du Quaternaire récent.

Le régime hydrologique est évidemment très capricieux en fonction de l'influence momentanée des averses locales. Cependant en moyenne on observe deux crues annuelles l'une entre avril et juin l'autre moins importante

entre novembre et janvier (cf. schéma). Ces crues sont concomitantes avec les deux périodes pluvieuses.

La qualité de l'eau varie au cours de l'année mais les chiffres connus jusqu'à présent sont discordants. La conductivité électrique (qui permet d'évaluer la salure totale) varie entre 0,2 dS/m et 0,9 dS/m sans que l'on puisse relier ces variations avec le régime moyen de la crue. Par ailleurs le S.A.R. qui mesure le risque de sodisation des sols varie entre 1 et 3. Pour une série de chiffres de décembre 1978 à mai 1979 il semble que le S.A.R. varie en fonction directe des débits moyens observés. Cependant d'autres mesures semblent indiquer le contraire : C.E. et carbonate de soude résiduel plus important en saison sèche.

Ces mesures discordantes ne permettent donc pas de formuler de recommandations.

Pour mieux aborder le problème nous proposons de réaliser des prélèvements tous les 15 jours environ pendant 1 an en reliant les prélèvements au débit et à la position de la date de prélèvement par rapport aux crues (début, milieu, fin).

Cependant ces chiffres discordants montrent qu'il y a danger de salinisation et de sodisation des sols.

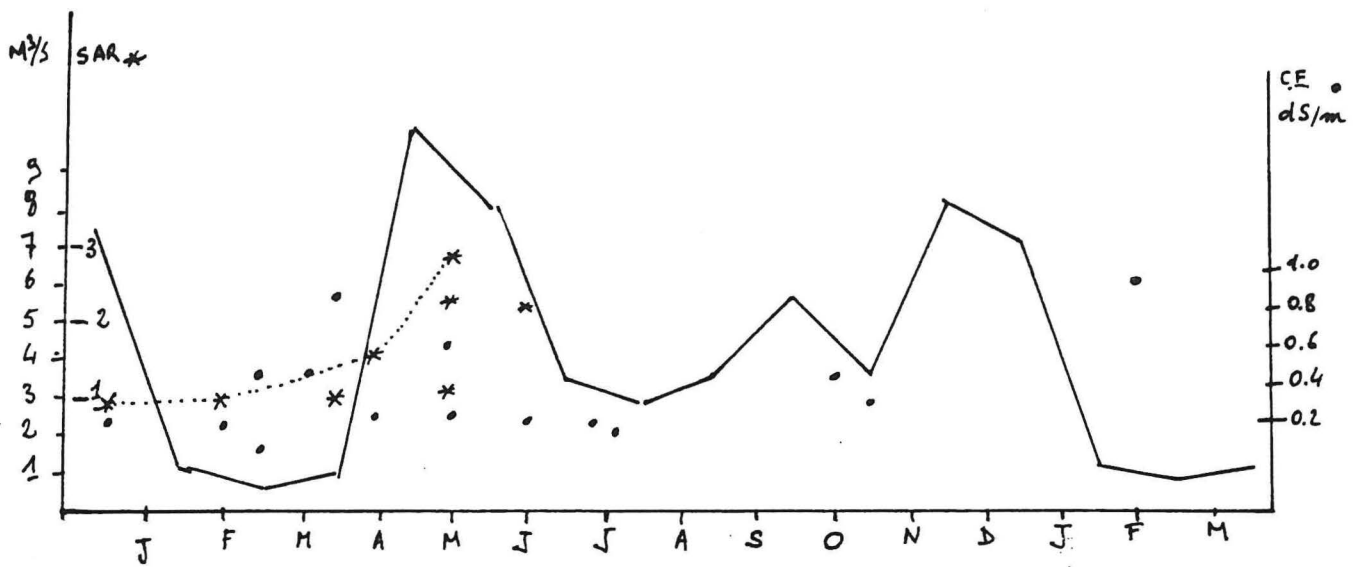
L'ALLUVIONNEMENT ACTUEL - SES CONSEQUENCES

Un peu en amont de Malka Daka vers 400 m d'altitude la rivière quitte son lit rocheux et coule sur une plaine alluviale, où elle perd beaucoup d'eau, en même temps qu'elle abandonne (faute de compétence) beaucoup d'alluvions.

La dernière portion de son cours actuellement actif est donc une vaste plaine d'épandage, à profil longitudinal et latéral légèrement convexe, tout comme un vaste cône de déjection très allongé (cf. schéma).

Pour fixer les idées sur l'importance de la sédimentation actuelle signalons que la charge solide est de l'ordre de 100 g/m³ en période de basses eaux (1 m³/s) et de l'ordre de 3,5 kg/m³ en période de crue (290 m³/s), pour une sédimentation totale variant suivant les années entre 58 et 40.200 mille tonnes soit 4 à 2.600 T./km² de bassin versant.

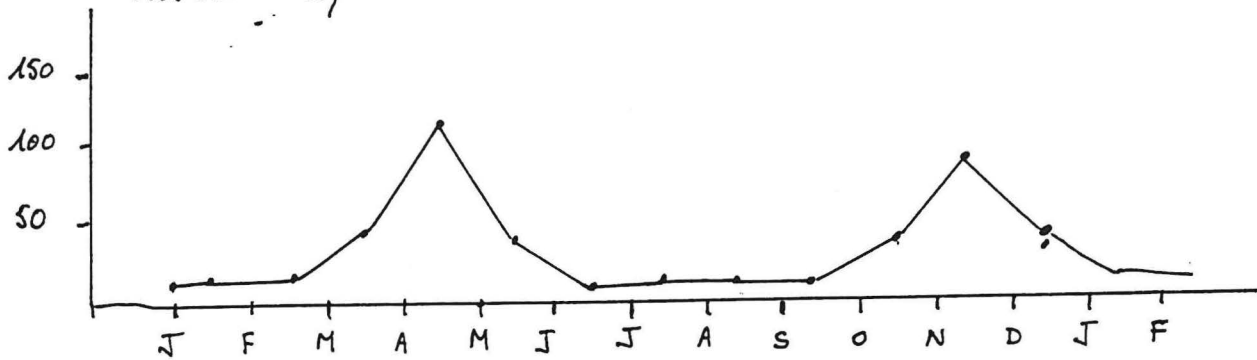
Dans de telles conditions on comprendra aisément que le lit de la rivière est très instable et qu'il peut



Débits de l'Ewa Ngiro . Probabilité 80% >

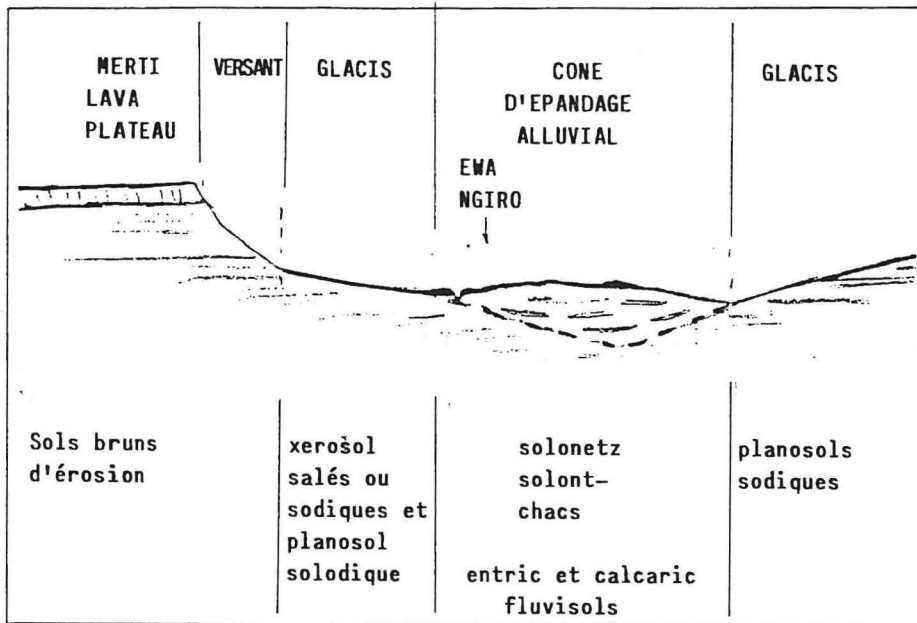
- * S.A.R -
- C.E.

Pluviosité moy.

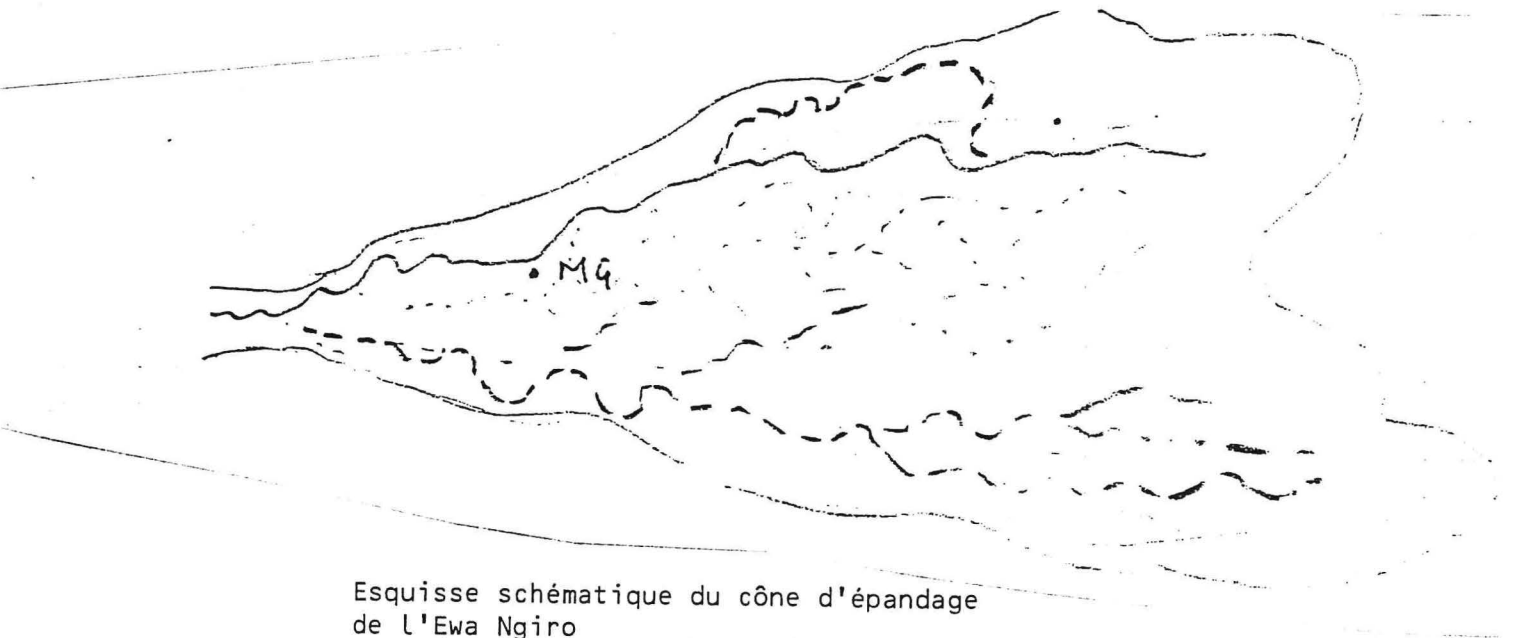


Pluviosité moyenne à GARFASSA.

Moy. ann < 400 mm



Coupe schématique de la région à la hauteur de Gargassa. Noter la forme convexe du cône.



- cours actuel
- anciens lits
- lagas : défluents
- limites du cône d'épandage

suffire d'une embacle ou d'un ouvrage imprudent pour en détourner latéralement le cours sur plusieurs kilomètres voire plusieurs dizaines de kilomètres.

Ainsi à l'échelle de temps de la centaine d'années la rivière balaye tout son cône d'épandage.

Témoins de cette instabilité du cours sont les innombrables "lagas" (défluent) visibles partout dans la plaine d'épandage. (cf. schémas)

L'observation de la végétation montre qu'il semblerait que la rivière soit relativement stabilisée depuis plusieurs dizaines d'années dans son lit actuel. Les palmiers doum (*Hyphaene thebaïca*) strictement localisés aux berges de la rivière y sont sénescents.

En guise de conclusion, nous insisterons encore sur l'instabilité de ce cours d'eau dont le tracé actuel peut être éventuellement remis en question du jour au lendemain, soit sur une portion, soit dans sa totalité à la faveur d'embacles naturels ou anthropiques. On ne saurait donc trop recommander une grande prudence pour toute intervention dans le lit de la rivière et particulièrement dans le cours amont du cône d'épandage.

LES SOLS

1. DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES ET DE GRANDE RECONNAISSANCE

La carte de reconnaissance pédologique du Kenya au 1/1.000.000 fait bien apparaître le grand cône d'épandage alluvial de l'Ewaso-Ngiro. Dans un environnement de glacis à sols salés (solontchacs), à sols sodiques (solonetz) ou de planosols (solonetz solodisés caractérisés par des horizons supérieurs sableux reposant brusquement sur des argiles sodiques), les sols alluviaux de la plaine d'épandage alluviale de l'Ewaso-Ngiro ne sont généralement pas salés ni sodiques en amont mais présentent de vastes plages à sols sodiques et salés en aval de Merti. Ce sont des sols très profonds limoneux à argilo-limoneux légèrement calcaires à fortement calcaires. Le drainage y est bon à moyen. Les zones à sols sodiques ou salés sont au contraire très imparfaitement drainées (plus ou moins marécageux).

Ces premières données sont bien entendu insuffisantes mais le fait que les sols aval présentent de

vastes plages salées ou sodiques nous rappelle et confirme le risque de salinisation et de sodisation des sols par l'eau de la rivière.

Parmi les autres données de reconnaissance rapide de l'environnement du site de Garfassa et les données bibliographiques, nous retiendrons deux indications significatives :

1/ La répartition des sols est à relier à la dynamique fluviale :

- sols généralement plus sableux et grossiers en amont (site de Malka Daka par exemple) et plus argileux en aval (site de Garfassa ou de Merki).

- sols généralement sableux sur les levées de berge et argileux dans les cuvettes d'inondation.

2/ On observe en profondeur des couches salées ou sodiques (d'après analyses de sols de la mission italienne de Merki). Ceci est à relier à la présence de sols salés et sodiques vers l'aval.

En schématisant tout se passe comme si :

A- Au débouché dans le cône d'épandage, la rivière abandonnait d'abord les sédiments les plus grossiers, puis des sédiments de plus en plus fins. Cette distribution longitudinale des sédiments, cette sélection granulométrique des alluvions, doit être tempérée par le fait que suivant l'importance des crues, les zones de dépôts grossiers sont plus ou moins éloignées du débouché dans la plaine d'épandage. Une forte crue peut en effet emmener des sédiments grossiers très en aval et inversement une crue relativement faible conduit à un alluvionnement fin dès le début de la plaine. Cela va nous permettre d'expliquer l'alternance de matériaux alluviaux à texture variée dans les sols.

B- Au moment des débordements de la rivière, la vitesse du courant jusqu'alors très forte, est très ralentie d'où dépôts de sable sur les berges et formation de levées de berge. Par contre dans les cuvettes d'inondation, le courant est faible voire nul d'où dépôt ou décantation de limons fins puis d'argile.

Cette modalité de la dynamique fluviale permettra

également d'expliquer l'alternance de matériaux à texture variée.

C- Suivant les crues, l'inondation progresse plus ou moins loin vers l'aval et l'eau se concentre par évaporation. En amont, les sols souvent inondés sont lessivés (en sodium) tandis que vers l'aval, les sols reçoivent des eaux déjà concentrées par évaporation en quantité relativement limitée, et qui, par conséquent, ne peuvent lessiver les sols. En conséquence, vers l'aval il y a concentration des sels et salinisation et sodisation des sols.

On voit ainsi que la présence de sols salés et sodiques vers l'aval est une conséquence logique et normale du régime endoréïque de la rivière.

D- Reste à expliquer maintenant la présence de couches salées et/ou sodiques en profondeur. Il suffit pour cela d'évoquer l'existence de périodes particulièrement arides au cours des derniers millénaires pour comprendre que pendant ces périodes, la rivière se perdait beaucoup plus en amont que maintenant et que la séquence des horizons vers la profondeur est du même type que celle des sols d'amont en aval du cône d'épandage.

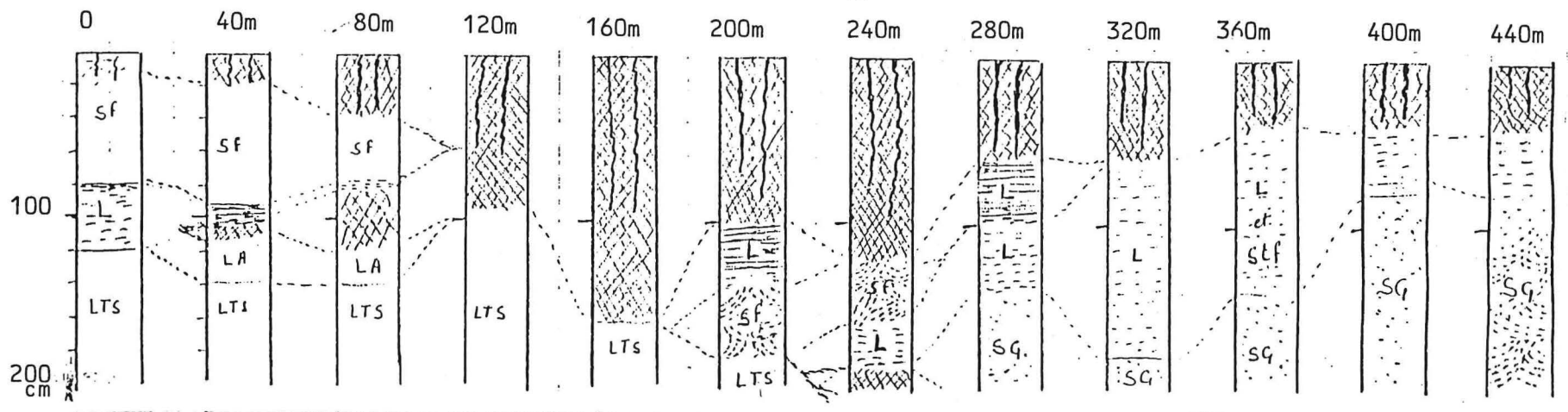
CONCLUSION

Bien entendu, les observations consignées dans cette première approche du milieu pédologique sont à pas de temps et d'espace très large et permettent de comprendre schématiquement la répartition spatiale et la nature des sols. Ainsi de l'amont vers l'aval, des rives du fleuve vers l'intérieur du cône d'épandage, les sols ont une texture de plus en plus fine. Le régime torrentiel très capricieux explique aussi l'alternance de matériaux à texture variée dans les sols.

De même, de l'amont vers l'aval et du haut vers le bas des profils de sols, on a une plus grande fréquence de matériaux salés ou sodiques. Ceci confirme que les eaux de l'Ewaso-Ngiro présentent des risques de salure et de sodisation non négligeables.

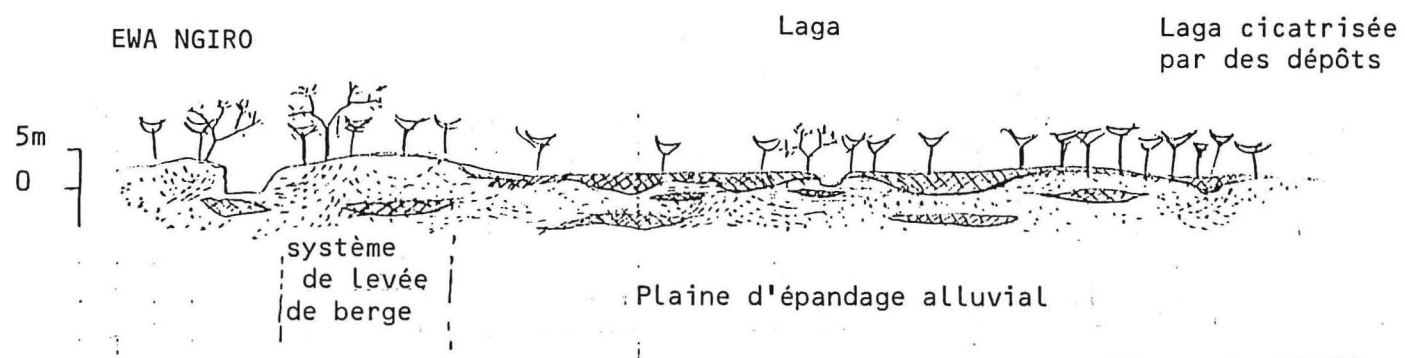
2. DONNEES D'OBSERVATION SUR LE SITE DE GARFASSA

Nous avons eu la triple chance :



Relevé de la tranchée (450 cm). Une observation sur 2 est représentée ici.

▨ argile, ▧ limon, ▩ limon lité, Sf : sable fin, SG : sable grossier, La : limon argileux
 ▧ LTS : limon très grossier, ▨ stratification entrecroisée, } fentes de dessiccation



Coupe schématique de la répartition des matériaux à la hauteur du périmètre de Garfassa.

- d'abord d'observer et de relever dans le détail une tranchée de 4 à 500 m. de long et de 2 m. de profondeur,
- ensuite de vivre et d'observer les résultats d'une grosse tornade (50 à 100 mm en une nuit),
- d'observer une trentaine de fosses creusées à plus de 2 m. réparties sur l'ensemble du périmètre.

1/ Observation de la tranchée : Sur les schémas ci-dessous, nous avons figuré une dizaine de relevés de profil en ne prenant systématiquement qu'un relevé sur deux.

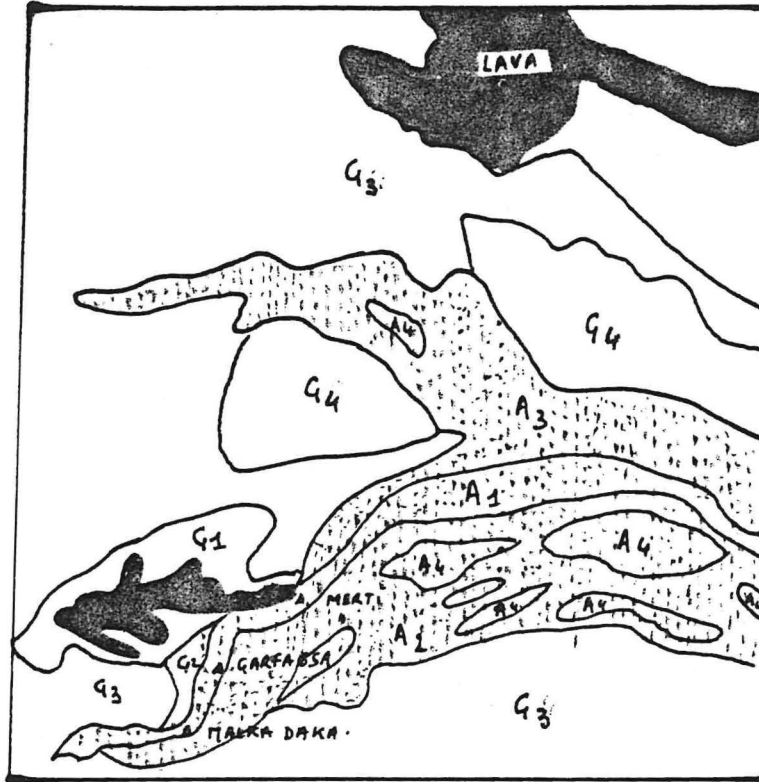
La première constatation est que en dépit d'une topographie relativement régulière, les profils de sols sont très variés.

Ils sont marqués :

- a) Par la présence presque systématique d'un horizon de surface argilo-limoneux très bien structuré et traversé par des fentes verticales de rétraction (indice de la présence d'argiles gonflantes). L'épaisseur de cet horizon est très variable 15 cm à plus de 1 m.
- b) Des couches de sable grossier avec parfois une stratification entrecroisée de sables fins à grossiers et de limons finement lités alternant en profondeur avec des couches d'argiles gonflantes parfois très compactes. Toutes ces couches sont discontinues et se terminent en s'amincissant progressivement avant de disparaître.

Sur le schéma interprétatif, nous avons figuré cette disposition en lentilles. Cette représentation permet de comprendre que dans l'ensemble ces sols ont un drainage naturel vers la profondeur qui dispense au moins provisoirement d'installer un coûteux système de drainage. Ceci d'autant plus que la nappe phréatique est actuellement très profonde (une dizaine à plusieurs dizaines de mètres). Cette observation est très importante car à condition d'irriguer convenablement, ces sols ne présentent guère de risque de salinisation généralisée.

Irriguer convenablement signifie : apporter des doses d'irrigation telles qu'il puisse se produire un lessivage des sols vers la profondeur. C'est-à-dire qu'il faudra veiller à apporter des doses d'irrigation excédentaires. L'absence de données fiables sur la salure des eaux ne nous permet pas pour l'instant de donner des chiffres précis. Ceux-ci dépendent aussi de la tolérance à la salure



A = alluvions G = Gleys

A₁ = All. calcaree fluvisols

A₂ = All. Eutric fluvisols

A₃ = All. Gleysols vertiques salino-sodiques

A₄ = All. Solonetz-solonchacs

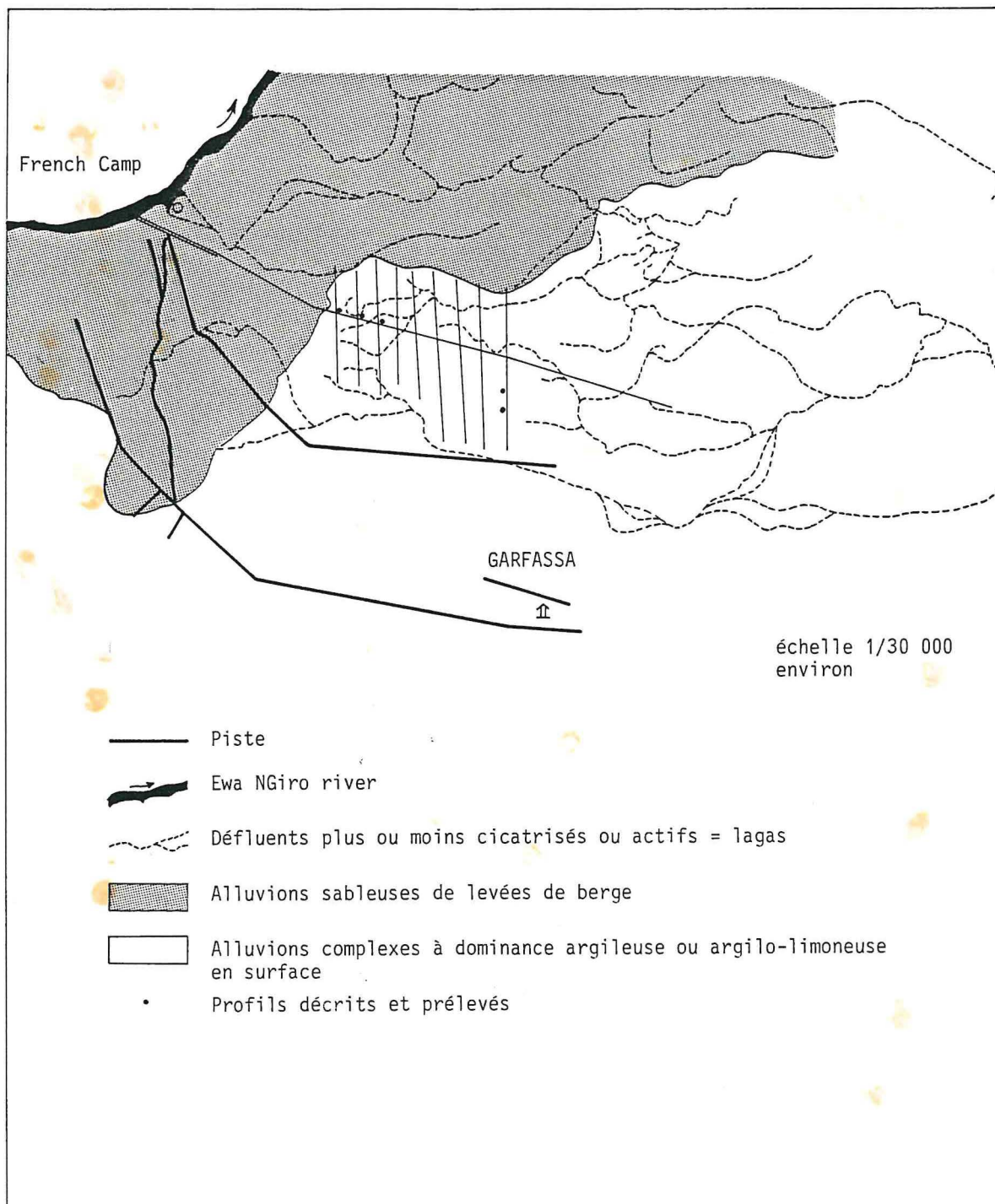
G₁ = gl. solonchacs

G₂ = gl. Xerosols sodiques et arenosols.

G₃ = gl. Planosols sodiques

G₄ = gl. Solonetz ± planiques.

Environnement pedologique d'après Exploratory soil map of Kenya 1980
au 1/1000 000 simplifié



des cultures pratiquées.

2/ Observations à relier avec le gros orage :

Cet orage a été précédé par des averses éparses l'après-midi dans la région liées semble-t-il à un front froid. En même temps, nous avons observé à une trentaine de km de distance des vents de sable localisés mais particulièrement actifs. Nous reviendrons plus loin sur ce sujet.

Sur ces sols à horizon de surface argileux, le ruissellement n'est pas négligeable surtout lorsque la pente devient sensible $\geq 1\%$. Le creusement d'une dizaine de fosses après l'orage nocturne a en effet montré que les sols étaient humectés sur 70 à 80 cm dans les zones plates ou peu déclivées mais seulement sur 20 à 30 cm sur les zones à pente sensible.

Cette observation montre aussi que ces sols ont une perméabilité instantanée considérable à lier avec la très bonne structuration et à la présence de fentes de dessiccation.

Après la pluie, la plupart des 30 fosses ouvertes pour l'étude pédologique étaient pleines d'eau. En 48 heures, la plupart de ces fosses étaient vides soit par infiltration verticale, soit par infiltration latérale. Par contre dans les fosses (2 m de profondeur) qui présentaient des horizons de profondeur argileux ou limoneux, le niveau de l'eau n'avait baissé que de 50 cm à 1 m au bout de 3 jours. Ces observations confirment l'importance du drainage vertical ou latéral naturel. Elles montrent aussi que localement ce drainage peut être notablement ralenti ; il s'agit plus alors d'un problème de drainage interne localisé que de défauts de drainage généralisés. Mais cela indique aussi que localement, il existe des horizons très peu perméables tels par exemple que les horizons argileux très compacts (probablement sodiques) signalés plus haut.

En l'absence provisoire de résultats d'analyses de sols, il ne nous est pas possible d'aller plus loin.

3/ Les fosses creusées en trois lignes (cf. schéma du périmètre) confirment les observations faites dans la grande tranchée, c'est-à-dire l'alternance de couches argileuses, limoneuses ou sableuses (voire même graveleuses). Des prélèvements ont été effectués sur ces fosses ou sur des fosses creusées à proximité pour éviter les perturbations

entraînées par l'inondation.

Nous insisterons seulement ici sur deux points :

- sur la profondeur d'enracinement, des plantes ligneuses, qui dépasse souvent 2 m. pour de grosses racines (\varnothing 2 à 3 cm),

- sur la réserve en eau de ces sols. En effet, le "jardin expérimental" présente des sols composés de 2 horizons :

. un horizon argilo-limoneux de 40 à 50 cm d'épaisseur,
. un horizon de sable grossier, particulaire, bouillant, à stratifications entrecroisées.

Sur ces sols avant l'orage les cultures encore en place (pois d'angole et doliques) étaient en bon état végétatif après plusieurs mois de sécheresse totale. Ces cultures vivaient donc depuis plus de 2 mois sur les réserves en eau d'un sol utile 50 cm d'épaisseur seulement. Signalons à ce propos que des études préalables, réalisées près de Merti, montrent que les réserves en eau utile de ces sols sont de l'ordre de 150 mm d'eau/mètre de sol !!

PROBLEMES RELATIFS A L'AMENAGEMENT ET A LA PERENNITE DU PERIMETRE

Nous excluerons ici, de nos préoccupations, les problèmes d'instabilité du cours de la rivière qui sont du ressort d'autres spécialistes. Toutefois, il convient de tenir compte de l'éventualité d'un déplacement inopiné de la rivière mettant évidemment en péril la pérennité des installations. Cette éventualité nous incite à faire plusieurs remarques pour l'aménagement :

- la plantation de cultures pérennes demandant plusieurs années voire une décade pour produire -comme par exemple le palmier dattier- doit être exclue,

- le déboisement du périmètre doit laisser un certain nombre d'arbres qui serviront éventuellement de semenciers (*Acacia radianna*, *Balanites aegyptiaca*),

- des plantations d'arbres utiles palmier doum (*hyphaene thébaïca*), jujubier (*Ziziphus abyssinica*), *Parkinsonia*, *Acacia sénég*al (gommier), pourraient être faites tout le long des canaux primaires et secondaires. Outre

l'utilité pour les besoins humains (sperterie gomme, perches, fourrage...), ces plantations formeraient un réseau de brise-vents particulièrement nécessaire dans ce milieu très sensible à la déflation éolienne. En effet, hors périmètre, les nebkas et les rebdous (microdunes) attestent de cette intense activité éolienne.

PROBLEMES DE SALURE

Dans l'état actuel, les sols ne paraissent pas salés. Les quelques analyses d'horizons de surface que nous possédons en attestent. Cependant, et bien qu'on ne connaisse pas suffisamment la qualité des eaux d'irrigation, la salinisation des sols par l'irrigation est probable à moyen terme si l'on n'y prête pas attention.

Pour éviter cette dégradation, ou du moins pour la réduire à un niveau acceptable, il importe de conduire l'irrigation de telle manière qu'il y ait un drainage au travers des sols entraînant vers la profondeur les sels en excès. L'étude des sols ou plutôt des matériaux au travers du périmètre, montre que des couches sableuses très drainantes existent à faible ou moyenne profondeur. En conséquence, sauf localement, le drainage naturel devrait permettre d'éliminer les sels sans qu'il soit besoin de mettre en place un réseau de drainage (toujours très onéreux). N'oublions pas l'épée de Damoclès représentée par l'instabilité de la rivière qui n'incite pas à des investissements très importants.

Il est toutefois à noter que l'irrigation est d'une part mal maîtrisée par les paysans et que d'autre part les caprices des crues de la rivière ne permettent pas toujours de dominer le problème des doses d'irrigation. En conséquence, des mesures conservatoires doivent être prévues. Il s'agit essentiellement de réaliser très régulièrement des analyses de sol sur des placettes bien repérées. Une série d'analyses par an devrait suffire. L'interprétation pourrait être faite sans avoir à déplacer un expert tous les ans. Les problèmes étant bien entendu complexes (en raison de l'hétérogénéité du milieu), il pourra paraître utile de prévoir la visite d'un pédologue tous les deux ans environ.

Du point de vue du choix des plantes à cultiver, il est clair que la monoculture du maïs n'est pas une solution durable pour diverses raisons ne serait-ce que sanitaires. Cependant, le maïs est relativement tolérant à la salure.

Parmi les autres plantes à cultiver, il convient de retenir :

- Céréales : sorgho éventuellement mil (*Pennisetum typhoides*).

- Légumineuses : le niébé (*Vigna unguiculata*) et les doliques (*Dolichos lablab*, *Vigna sinensis*) et le soja (*glycine max*) sont à retenir pour leur tolérance à la salure, de même que le pois d'angole (*Cajanus cajan*).

- L'arachide et surtout les haricots ne peuvent pas être conseillés en raison de leur faible tolérance à la salure. Cependant pour l'instant, la salure des sols n'interdit pas leur culture. Notons toutefois les difficultés éventuelles d'arrachage de l'arachide dans ces sols argileux. L'état des cultures de haricot pourrait servir d'indicateur de l'état de salure des sols.

- Du point de vue des cultures fourragères, il convient d'abord de retenir que les cultures pérennes (telles la luzerne) ne peuvent guère être retenues pour des raisons d'approvisionnement en eau régulier. Il faut également tenir compte du fait que des céréales comme le maïs, le sorgho ou le mil, produisent généralement plus de paille que de grains (environ 2 à 3 tonnes de MS/ha/culture), il s'agit donc de résidus de récolte particulièrement intéressants pour affourager les animaux.

Aussi l'action en matière fourragère serait plutôt d'apprendre aux paysans à récolter les pailles et à les distribuer ensuite en complément du pâturage naturel avec éventuellement enrichissement en urée et sucres fermentescibles.

Si cependant on tenait à cultiver des fourrages, le sorgho fourrager (sudan grass = *Sorghum vulgare*) et le bersin (*Trifolium alexandrinum*) pourraient être conseillés. Signalons qu'il existe localement des sorghos indigènes.

Par ailleurs, les rives des canaux pourraient être plantées d'une part en *Cynodon dactylon* et d'autre part en *Pennisetum purpureum* (quelques souches existent déjà sur le périmètre soit spontanées soit introduites).

Par ailleurs, les bordures des parcelles élémentaires pourraient être plantées en pois d'angole qui constitue une plante intéressante à la fois pour l'utilisation humaine (graine), pour l'affouragement (plante entière) mais aussi pour compléter le réseau brise-vents et pour matérialiser les limites parcellaires.

La culture de patates douces fournit également un

excellent fourrage et des tubercules pour la consommation humaine.

La culture du sésame est tout à fait envisageable ici. Le sésame est très cultivé dans des conditions similaires en Somalie.

PROBLEMES DE SODISATION ET D'ALCALISATION DES SOLS

Si les problèmes de salure éventuelle des sols par l'irrigation semblent pouvoir être maîtrisés par des pratiques simples, le problème de la sodisation des sols et d'une alcalisation éventuelle paraît plus complexe à aborder.

La première chose à souligner est que nous sommes pour l'instant assez ignorants sur la gravité du problème en l'absence d'analyses d'eaux correctement prélevées (en référence avec les crues). Cependant l'existence d'horizons profonds sodiques et de sols sodiques (en aval du périmètre) (cf. plus haut), nous permettent, avec les quelques analyses connues, de penser que ce problème existe et ne doit pas être négligé. Ainsi nous insisterons encore sur la nécessité de prélever et d'analyser régulièrement les eaux de la rivière. Il se peut en effet que les eaux ne soient sodiques qu'à certaines périodes (début des crues par exemple) et qu'il suffise par conséquent de ne pas irriguer pendant ces périodes pour limiter voire éliminer les conséquences très facheuses de ce risque.

De quoi s'agit-il ?

Le sodium de l'eau d'irrigation, s'il est en quantité déséquilibrée par rapport aux ions calcium et magnésium, se fixe sur le complexe absorbant des argiles. Lorsqu'il est fixé en quantité significative, en pratique au delà de 5 % (bien que les sols ne soient déclarés sodiques que lorsque le sodium occupe plus de 15 % des sites d'échange), les argiles se dispersent.

En conséquence la structure des sols fond et le sol devient progressivement massif, imperméable et asphyxiant pour les racines. On assiste ainsi très rapidement à une véritable stérilisation des sols. Dans ce contexte, une telle perte de perméabilité pourrait également induire une salinisation des sols par diminution sinon arrêt total du drainage interne des sols. Des remèdes existent, en particulier, l'application d'amendements massifs à base de soufre et de calcium, c'est-à-dire de gypse. Malheureusement,

une petite enquête nous a révélé qu'il n'existait pas de gisements de gypse dans la région.

Ainsi on mesurera la gravité de ce problème éventuel et l'intérêt de bien connaître la qualité des eaux pour en déduire une stratégie d'utilisation.