



HOMMAGE DE L'AUTEUR

ETUDES PEDOLOGIQUES AU YEMEN NORD

J.H. DURAND

RESUME : L'étude des conditions naturelles et de la mise en valeur agricole de la République Arabe du Yémen montre que les populations ont su exploiter au mieux les possibilités climatiques, hydrauliques et géologiques qui leur étaient offertes.

Ces populations ont su aménager des terrasses pluviales bénéficiant souvent d'apports d'eau de ruissellement. Les terrasses, les plus élevées sont généralement cultivées en céréales, parfois en qât. Certaines terrasses peuvent bénéficier du captage d'eaux de sources venant des terrains sédimentaires permettant leur irrigation permanente et la culture de nombreuses espèces végétales dont le café.

Le captage des wadis pérennes permet aussi de belles cultures irriguées telles que celles qui se rencontrent au Sud d'Haydah le long de la route d'Al Mukha. Enfin, les dérivations de crues par de petits barrages permet de les épandre sur des terrains normalement hors d'atteinte des eaux des wadis, permettant la culture des céréales et des palmiers dattiers.

Ainsi, ces populations ont mis en place une agriculture prospère exploitant tous les terrains disponibles, grâce à la technique des terrasses, sur lesquelles les cultures sont d'autant plus diversifiées et prospères, que les possibilités d'irrigation sont plus grandes.

Pourtant, les techniques d'aménagement des terrains irrigués sont rudimentaires et il est possible d'améliorer les installations permanentes ainsi que les pratiques agricoles.

Actuellement les berges concaves du wadi Rasyan et du wadi Barh ne sont pas protégées contre l'érosion où si elles le sont, ce n'est que par un tas de grosses pierres déversées du haut de la berge. Un gabionnage ferait beaucoup mieux l'affaire.

Les ouvrages de dérivation des crues sont souvent constitués par des petits barrages en terre «armée» et protégée par des broussailles. Ici encore un ouvrage en gabion serait préférable.

Les canaux amenant l'eau à son utilisation sont généralement en terre et les pertes par infiltration et évaporation sont considérables. Des canaux en béton armé ou des tuyaux convenables feraient faire de substantielles économies d'eau.

Lorsque de l'eau est utilisée pour irriguer des terrains, elle est déversée sur une terrasse aussi élevée que possible. Lorsque le bassin de cette terrasse est plein, il déborde et l'eau tombe sur la terrasse dominée. La mise en place d'un déversoir bétonné ou en maçonnerie éviterait la dégradation des terrasses et les pertes d'eau.

Mots-clé : Terrasses pluviales, ruissellement, eau, érosion, canaux, pertes par infiltration, modes d'irrigation, céréales, palmier dattier, République arabe du Yémen.

INTRODUCTION

Le Yémen Nord ou république arabe du Yémen occupe la pointe sud de la péninsule arabique. Sa superficie est de 195 000 km² et sa population de 5 000 000 d'habitants. Les principales villes sont Sana'a la capi-

tale (100 000 h), Taiz (80 000 h) et Hodeïda le port (45 000 h).

Limité à l'Ouest par la mer Rouge, au Nord et à l'Est par l'Arabie Séoudite, il est bordé au Sud par le Yémen du Sud (République démocratique du Yémen) avec

lequel il formait l'«Arabie Heureuse», verdoyante, opposée à l'«Arabie Pétrée», désertique.

Le but de la présente note est de donner un aperçu des conditions générales du milieu du Yémen Nord et les résultats de l'étude du bassin versant du Wadi Rasyan.

GENERALITES

Tirées de l'étude des documents existants, elles concernent le milieu naturel et ses conséquences agricoles.

RELIEF GENERAL ET REGIONS NATURELLES.

Le relief du Yémen a permis à Lamare (1924, 1930, 1931) de diviser le pays en zones, en fonction de l'altitude et de la morphologie qui rendent compte du climat, de la végétation, des cultures etc., qui sont (carte n° 1) :

- le Tehama côtier de 0 à 200 m
- le Tehama intérieur de 200 à 800 m
- la zone intermédiaire de 800 à 1 700 m
- les pentes des grands massifs, subdivisées en secteur de moyenne altitude, 1 700 à 2 400 m, et secteur supérieur de haute montagne, 2 400 à 3 500 m
- le Haut Plateau.

A ces zones s'ajoutent le glacis descendant vers l'Est et le désert de l'Empty Quarter.

Le **Tehama côtier** est constitué par une bande d'alluvions sableuses fluviales qui s'élève de 200 m sans accident notable. Remaniées par le vent, elles peuvent former des ébauches de dunes. Elles reposent sur des alluvions caillouteuses et limoneuses qui forment les terrains du Tehama intérieur. Les sables littoraux, calcaires, sont d'origine corallienne ; l'estran est constitué de boues bleues, réduites, riches en matières organiques.

Le **Tehama intérieur**, de 200 à 800 m, présente deux aspects principaux ; un glacis en pente vers l'Ouest, constitué de galets variés, emballés dans des limons, alluvions des montagnes de l'Est, constituants des cones de déjections entremêlés, le principal étant celui du wadi Rasyan et des terrasses caillouteuses dont émergent des îlots rocheux, qui peuvent pénétrer dans les reliefs. Ces cailloutis ont été éolisés (dreikanter) et ont subi de fortes différences de températures dont témoignent de nombreux galets éclatés.

Les principaux reliefs du Tehama intérieur sont le groupe de petits volcans du PK 64 et le volcan d'El Barh.

La **zone intermédiaire** présente des aspects variés ; gorges et vallées profondes des cours moyens et supérieurs des wadis, quelques plaines de moyenne altitude, celle de Taiz, par exemple, des secteurs à relief morcelé de monticules isolés, séparés par des wadis nombreux, aux tracés capricieux, formant un ensemble chaotique de pitons rocheux, de buttes arrondies et de mamelons couronnés de lave. Cette topographie caractérise des compartiments effondrés, tels que les abords Ouest de Taiz, la zone entre Ibb et Makhadir, etc. Elle comprend en outre, la base de la plupart des massifs montagneux.

Les **pentes des grands massifs montagneux** sont généralement très fortes. En dehors de quelques plateaux, corniches ou vallonnements ou elles sont pratiquement nulles ou faibles, elles varient de 30° à la verticale.

Les granites et schistes cristallins du socle ancien donnent des pentes abruptes et arêtes découpées et formes déchiquetées. Au contact du granite et des schistes verts de la série de Kholan, apparaît souvent une atténuation de la pente qui se relève vite à 70-80°.

Les grès inférieurs et les calcaires jurassiques donnent des falaises en gradins qui correspondent à des

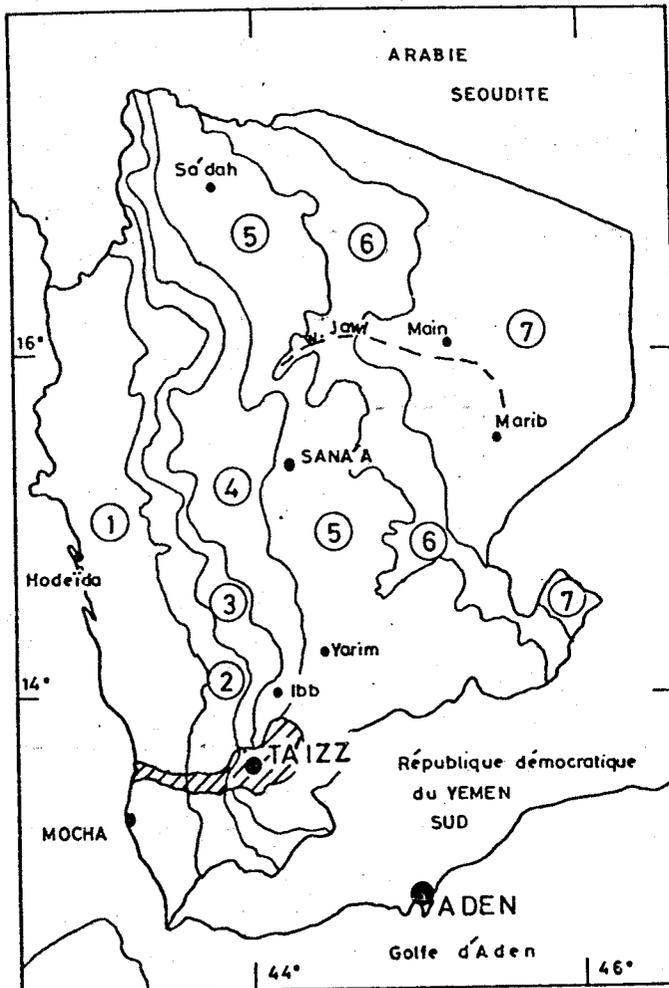


Fig. 1. Carte schématique du Yémen du Nord (Y.A.R.) indiquant ses régions naturelles

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1 - Tehama côtier | 5 - Hauts plateaux |
| 2 - Tehama intérieur | 6 - Pentes orientales |
| 3 - Zone intermédiaire | 7 - Empty Quarter |
| 4 - Pente des grands massifs | Bassin versant du Wadi Rasyan |

niveaux marneux, les sommets ont des aspects de Causses. Les grès supérieurs forment des escarpements gris, roses ou pourpres, d'aspect ruiniforme. L'empilement des laves de la série stratoïde donne un paysage caractéristique ; sur plus de 1 000 m, s'étagent des à-pics et corniches de teintes variées, devenant noires pour les laves basaltiques.

Le **Haut Plateau** est caractérisé par une nette atténuation des accidents de relief en arrière des crêtes principales. Appartenant au versant tourné vers le désert, les vallées sont larges, à fond plat et séparées par des massifs montagneux, témoins de coulées anciennes démantelées. Quelques coulées récentes ou sub-récents existent, d'où émergent des cônes volcaniques en forme de puys. Quelques coulées de laves peuvent occuper des fonds de vallées.

Les **pentès du Haut Plateau** vers l'Est sont d'origine tectonique. L'altitude s'abaisse de 2 200 m à 1 000 m environ dans l'Empty Quarter où se trouvent les villes de Marib, de Main et d'Al Hamz. Ces pentes sont découpées de larges vallées séparées par des massifs montagneux de coulées de laves anciennes érodées ou dans le Causse du Nord, de cañons à bords abrupts. Ces coulées et le Causse se terminent par une falaise subverticale vers le désert.

L'**Empty Quarter**, à 1 000 m d'altitude du Yémen Nord, est une plaine désertique avec des dépressions salines.

CLIMAT, VEGETATION, HYDROLOGIE.

Climat

Les stations météorologiques sont rares au Yémen du Nord et les renseignements qu'elles fournissent sont très incomplets en nature et en durée des observations.

Le tableau I donne des observations brutes et l'évapotranspiration potentielle (ETP), calculée par la formule de Turc, qui permet d'estimer les besoins en eau des plantes en l'absence d'observations de l'évaporation.

La façade Ouest du Yémen reçoit des averses ou reste couverte de nuages en hiver, au printemps et jusqu'à la fin août. Ce phénomène est dû à des brises de mer qui, le jour, soufflent de la Mer Rouge vers le Haut Plateau. Les pluies de juillet-août sont dues au courant de la mousson renforcé d'un apport direct du Golfe d'Aden. Les pluies de printemps sont dues à des invasions froides de la troposphère, celles de l'hiver à des phénomènes semblables au «Jet Stream».

Les climats des différentes zones sont caractérisés par les stations d'Hodeïda pour le Tehama côtier, celle de Taïz (1 500 m) pour la zone intermédiaire, Ibb (2 000 m) pour les pentes des grands massifs, et Sana'a (2 300 m) pour les Hauts Plateaux.

Le climat, subdésertique dans le Tehama, devient moins chaud et plus humide dans la zone intermédiaire, cette tendance s'accroît sur les pentes des

grands massifs ou s'observe le maximum des précipitations. Dans ces deux zones, le fond des vallées reste très humides et l'atmosphère y est lourde. Sur le Haut Plateau, le climat est agréable, chaud le jour et frais la nuit et les pluies restent peu abondantes. Les pentes orientales et l'Empty Quarter, deviennent de plus en plus arides, finalement désertiques dans l'Empty Quarter.

Végétation

La végétation subit les conséquences de cette zonation des climats. Rare dans les Tehama où elle se concentre au bord de Wadi, elle comprend des graminées, des arbustes et quelques acacias, avec fréquemment des plantes halophiles. Les wadis viennent des hauteurs voisines, ils ne coulent qu'au moment des pluies ; quelques uns proviennent de l'arrière pays, coulant d'abord entre les montagnes puis dans des gorges creusées dans les cailloutis, et se terminent vers la mer en s'étalant sur les alluvions (exemple le Wadi Rasyan).

Dans la zone intermédiaire, la végétation arborescente se développe Ficus, Tamariniers, Acacias, *Zizyphus spina christi*, ainsi que des arbustes épineux avec quelques Aloes de Socotra. Elle est parfois exclusivement formée d'Euphorbes, de 4 à 5 m de hauteur, en forme de candélabres et peut former de véritables forêts. Un écoulement permanent, peu abondant, limité à certaines parties des cours d'eau peut exister en saison sèche. Dans les plaines et les zones à monticules, l'eau n'existe qu'en nappes phréatiques souvent salées.

Sur les pentes des grands massifs, la végétation se raréfie avec l'altitude, les Acacias et les grandes Euphorbes sont envahis par des arbustes et, vers les parties les plus hautes, il ne reste que l'Eglantier. Le ruissellement est concentré vers des terrasses qui, grâce à cet appoint d'eau, portent de nombreuses cultures. Les sources sont nombreuses ainsi que les ruisselets dévalant les pentes. Les seules rivières permanentes sont celles du bassin Versant du wadi Bana.

La végétation du Haut Plateau est très restreinte, les arbres et arbustes sont rares. Quelques bosquets de Tamaris (*T. Nilotica*) se rencontrent dans les zones cultivées ou existe aussi le *Peganum harmala* qui indique une bonne nitrification. Les hauteurs sont totalement dénudées, seules les vallées du Sud du Haut Plateau présentent, malgré une altitude supérieure à 2 000 m, des espèces craignant le froid ; Ficus, Euphorbes et de nombreux arbres et arbustes. Le ruissellement de cette zone entièrement endoréique s'écoule vers l'Est et l'Empty Quarter. L'eau de pluie s'infiltre dans les alluvions et alimente des nappes permanentes permettant la culture. Le ruissellement, entièrement intercepté par les terrasses des hauteurs voisines et utilisé par la culture, ne participe pas à l'alimentation des nappes qui reste peu importante. La nappe de la plaine de Sana'a est de ce type et anciennement exploitée par des norias et delou à 9 m de profondeur, s'est abaissée à 30 m depuis le développement des pompes à moteurs.

Sur les pentes orientales, la végétation, rare sur les hauteurs, buissonnante dans les vallées disparaît presque complètement, remplacée par quelques halophytes dans l'Empty Quarter. Les formations sédimentaires, calcaires et gresseuses qui forment le Causse du Nord-Est de Sana'a constituent un vaste chateau, d'où s'écoulent, à la base de la falaise, vers les wadis Al Kharid, Jawl et l'Empty Quarter, une ligne de sources pérennes qui ont permis l'installation de réseaux d'irrigation près de Maïn, Al Hamz et Marib.

Ces mauvaises conditions naturelles ne permettent l'agriculture que s'il est possible de lui fournir des apports d'eau d'irrigation par puisage, captage de sources ou de wadi pérennes ou encore par la culture en terrasse.

SOLS ET AGRICULTURE

Dans les Tehama les cultures, rares et pauvres, sont tributaires des possibilités d'utilisation des crues des wadis. Les eaux, captées par des «prises en rivière» sont appliquées sur les terres cultivables. Il existe çà et là des champs de mil et des palmeraiés peu productrices avec quelques fruits tropicaux (papaye). En général, l'agriculture n'est possible que sur les sols bruts d'apports fluviaux, profonds, calcaires et à texture moyenne des terrasses des Wadis. En irrigation pérenne, les cultures se diversifient des arbres fruitiers aux cultures vivrières comme dans les oasis d'El Arich et d'El Barh. L'oasis de Mawza'ah, créée par l'homme, par l'accumulation des limons des crues est actuellement irriguée par l'eau des puits creusés dans les alluvions, provenant elle-même des crues du wadi de Mazwza'ah. Les cultures principalement vivrières sont variées et la production est en partie exportée vers Taiz. Les jardins de Mawza'ah dominent d'une dizaine de mètres les alluvions caillouteuses du Tehama. Les sols des Tehama sont des sols éoliens d'accumulation, formant des dunes plus ou moins développées, ou d'ablation donnant des sols ou les cailloux sont accumulés en surface par la déflation des particules fines, polis ou façonnés par le vent (dreikanter) et éclatés par des variations importantes de températures.

Dans la zone intermédiaire, les terrasses sont développées, même sur les pentes les plus fortes. Elles peuvent bénéficier de venues d'eau pérennes, comme celles de la base des calcaires jurassiques, qui permettent les cultures les plus riches, café et qât*, céréales et plantes fourragères. Au-dessus de ces niveaux d'eau, les terrasses qui ne reçoivent que de l'eau de pluie, ne sont cultivées qu'en céréales, sorgho, mil ou maïs. Les sols de ces terrasses sont des sols bruns calcaires à texture moyenne formés sur des limons loessiques, parfois mélangés à des éboulis des hauteurs voisines. Ils sont profonds et retiennent bien l'eau. Dans le fond des vallées

à température et humidité élevées, le caféier est cultivé à l'abri d'écrans d'arbres, Ficus, Tamariniers, bananiers, l'eau provient de prises en rivière. Vers 1 500 m le caféier est cultivé sans abri.

Sur les pentes des grands massifs montagneux tout se passe comme dans la zone intermédiaire pour les terrasses, les eaux et les cultures.

Dans ces deux zones, le qât progresse au détriment du café. Il envahit tous les secteurs et constitue la seule culture du Jabal Sumara. Cette culture paraît être d'un meilleur rapport, pour le paysan, que le café.

Sur le Haut Plateau, les terrasses n'occupent que de faibles superficies sur les hauteurs qui le limitent, ou l'eau pérenne manque. Les cultures pérennes ne se rencontrent qu'aux environs des villes par exploitation de la nappe phréatique par pompage, formant une ceinture de jardins, en même temps, vergers et potagers, avec abricotiers, figuiers, noyers, etc., vignes et légumes. Les sols sont encore des sols bruns calcaires développés sur des limons loessiques. Dans les bas fonds marécageux les sols, à texture plus fine, sont couverts de graminées pâturées par des ovins, bovins, etc.

Sur les pentes orientales du Haut Plateau et le désert de l'Empty Quarter, l'agriculture est inexistante, mais il reste de nombreux vestiges d'aménagements, actuellement abandonnés. Les principaux sont ceux de Shuaba sur le wadi Attal Ghayl, de Maïn sur le wadi Al Kharid et de Manib dans l'Empty Quarter. Ils pourraient être réactivés par l'utilisation des eaux des sols bruts d'apport fluvial à texture grossière, avec de faibles teneurs en sels solubles.

L'observation des cultures de toutes les régions du Yémen, montre que l'agriculture est parfaitement bien conduite, malgré les très mauvaises conditions naturelles dont elle doit s'accommoder. Les façons culturales sont bien réalisées et l'eau d'irrigation bien utilisée. Il est évident que le cultivateur Yéménite, actif et courageux, bénéficie de traditions agricoles bien adaptées au pays.

Quelques points faibles ont pu être observés ; le faible développement de l'usage des engrais et de la mécanisation des cultures. Les ouvrages hydrauliques collectifs sont parfois mal construits et mal entretenus. Il conviendrait donc :

- de développer l'usage des fumures organiques (fumier et engrais verts) et des engrais chimiques, phosphates et potassiques, les sols paraissant fixer convenablement l'azote ;
- de développer la mécanisation des cultures par l'utilisation de la traction animale (asine en particulier) ou

* Le qât ou Katt (*Catha* ou *Celastrus edulis*) est une plante stimulante, médicinale. Ses feuilles mastiquées ont pour effet de suspendre le sommeil et d'enlever la sensation de sommeil.

Les eaux du bassin versant supérieur

Ces eaux proviennent du wadi Haïma qui vient des hauteurs du Nord et du wadi Zabab qui vient de l'Ouest du Jabal Saber et s'étalent dans la plaine dite de la Green Valley.

Les eaux du wadi Haïma sont de la classe C3-S1 (Richards, 1954). Elles sont inutilisables pour les terres à drainage restreint, même avec un bon drainage des pratiques de contrôle de la salinité peuvent être nécessaires. Les plantes ayant une bonne tolérance aux sels peuvent seules être cultivées.

Les eaux du wadi Zabab sont des classes C1-S1 en novembre et C3-S2 en avril. Elles sont comparables aux précédentes pour le danger de salinisation, mais le danger d'alcalinisation est appréciable ainsi que le danger dû au carbonate de soude résiduel.

Les eaux d'irrigation de la Green Valley sont identiques à celles du wadi Haïma. Vers l'aval, le danger de salinisation augmente en même temps que celui d'alcalinisation. Vers la partie centrale de la Green Valley, se trouve un trou d'eau pérenne où vivent des poissons. L'eau est de la classe C4-S3, les dangers de salinisation et d'alcalinisation sont élevés. Le débit, très faible, ne permet pas l'utilisation immédiate de cette eau. Le drainage des eaux de la plaine de Taïz rejoint la Green Valley par le wadi Multaka, la classe des eaux, C5-S4, la rend inutilisable pour l'irrigation.

L'eau de distribution de Taïz, qui provient de puits de la plaine de Taïz est de la classe C4-S3.

Les eaux du Wadi Rasyan

Des échantillons d'eau de ce wadi ont été prélevés en novembre 1976 et avril 1977 de la plaine du Kariat Rayan en amont, au pont de la route d'Hodeïda en aval et au droit d'Al Jubayl. En novembre, la salinité baisse de l'amont vers l'aval de 2 000 à 1 850 micromhos et remonte à 2 200 micromhos au point route. En avril, cette salinité augmente de l'amont jusqu'au projet pilote de 2 350 à 2 750 micromhos et atteint 3 000 micromhos à l'entrée des terrains éruptifs qui bordent le Tehama. Elle diminue ensuite pour atteindre 2 400 micromhos au pont route d'Hodeïda et 2 250 micromhos à Al Jubayl. Il est probable que l'augmentation de salinité observée jusqu'à l'éruptif en avril provient de venues d'eau ayant lessivé la terrasse miocène de la plaine d'El Barh. A noter qu'avril est une période de crues des rivières.

La qualité des eaux à l'étiage (prélèvements de novembre) est meilleure que celle des eaux de crue. Cependant, leur classe reste à peu près la même dans le temps et dans l'espace, C3-S3 à C4-S3 avec parfois du carbonate de soude résiduel, mais ces eaux peuvent être utilisées dans les sables pour les plantes peu tolérantes aux sels, dans les terres à texture moyenne à fine pour les plantes moyennement tolérantes et jusqu'aux textures très fines pour les plantes tolérantes aux sels. Le danger d'alcalinisation est fort et nécessite

la mise en œuvre d'un aménagement spécial. La teneur en calcaire des terrains qui bordent ce wadi est un facteur favorable qui limite les dangers d'alcalinisation.

Les eaux des affluents du wadi Rasyan

L'eau de l'affluent du wadi Rasyan qu'il reçoit au Kariat Raşyan, est de la classe C3-S2; elle ne présente pas de danger pour l'irrigation, et est utilisée sur des terrasses pour diverses cultures.

Les eaux des wadis Haradiba et Barh au radier de la route, sont de la classe C3-S1. Le danger de salinisation et d'alcalinisation reste faible dans les terrains à texture grossière ou moyenne et permet la culture des plantes moyennement tolérantes aux sels. Les dangers d'alcalinisation ou dus au carbonate de soude résiduel sont nuls ou négligeables.

Les eaux du cañon du wadi Barh et de la séguia des irrigations des jardins de cette oasis, ont été prélevées, elles sont de la classe C3-S1 et sont utilisables sans danger pour les sols à texture grossière ou moyenne.

Un puits situé au Nord d'Haydah, creusé dans les alluvions du confluent de deux wadis a des eaux de la classe C3-S2. L'irrigation avec ces eaux serait dangereuse mais, le faible débit de ce puits en interdit l'utilisation alors qu'il permet l'abreuvement des troupeaux.

Dans le bassin versant du wadi Rayan, il existe suffisamment d'eaux de surface pour irriguer les terres disponibles, mais leur qualité n'est pas très bonne et il faudra choisir les terres qui seront irriguées et les plantes cultivées en fonction des caractères de l'eau utilisable.

LES SOLS

Dans ce chapitre, seuls les sols susceptibles d'être irrigués en permanence seront étudiés. Quelques sols caractéristiques des paysages ou de plaines cultivées formant des unités naturelles nettement délimitées pourront être examinés à titre indicatif. Les sols seront décrits rapidement de l'amont vers l'aval par ensembles naturels plaines ou vallées. Leurs analyses sont données dans le tableau III.

Les sols du bassin supérieur

Le bassin versant supérieur comprend la plaine de Ganed et ses abords, dont le wadi Gahyf, et la vallée du wadi Haïma.

Les sols de la plaine de Ganed se sont formés sur des laves altérées horizontales ou légèrement inclinées vers le Sud-Est. Ce sont des sols brun clair à texture moyenne de la classe des limons, assez riches en calcaire (12 %), à pH élevé mais non dangereux, avec une surface battante, non salés.

Ils sont cultivés en terrasses pluviales recevant en plus le ruissellement d'amont. Ils produisent du mil et parfois du qât.

Les terrasses les plus favorisées sont les plus hautes qui reçoivent les eaux de pluie et le ruissellement voisin, mais ne peuvent pas être irriguées faute d'eau pérenne disponible.

En bordure de cette plaine qui se termine vers le Sud-Est par un glacis, se trouvent des sols salés à efflorescences salines (YER 94). Ils présentent une texture de limon, brun-jaunâtre en surface et brun rougeâtre en profondeur. La salinité de l'extrait 1/10 est de 5 000 micromhos en surface et de 3 000 en profondeur. Leur mauvais drainage interne les rend incultivables.

Le wadi Gahyf est un thalweg qui descend de la plaine de Ganed vers le wadi Haïma. Ce wadi est entièrement cultivé en terrasses utilisant le ruissellement comme appoint aux eaux pluviales. Les flancs de la vallée de ce thalweg sont occupés par des rendzines formées aux dépens de laves altérées fournissant le calcaire. Le sol est mince, brun foncé, à texture de limon sableux, structure polyédrique subangulaire moyenne et cailloux abondants. Ces sols ne sont pas cultivables en raison de leur position topographique.

Au sud de la plaine de Ganed, existe une dépression marécageuse dont les sols, formés sur des colluvions de la plaine sont salés (conductivité de l'extrait 1/10 5 300 micromhos) (YER 93). Ces terrains sont caillouteux. Mauvais drainage et salinité interdisent leur mise en valeur.

Les sols des terrasses du wadi Haïma sont des sols à texture fine (limon argileux fin) non salés et calcaires. Ces sols sont irrigués par pompage dans l'inféro-flux du wadi et donnent des récoltes de cultures vivrières variées. Compte tenu de la salinité de l'eau disponible, toutes les plantes moyennement tolérantes aux sels peuvent être cultivées.

Les sols du bassin moyen

Les sols de la plaine de Taïz comprennent des sols de terrasses et des sols de bas fonds.

Les sols des terrasses sont des sols bruns calcaires parfois légèrement salés, à texture moyenne en général, fine dans le cas des sols légèrement salés. Battant en surface, la structure est massive et casse en polyédrique angulaire moyenne, ils sont bien pourvus en calcaire et pourraient être cultivés en irrigation s'il était possible de trouver de l'eau de bonne qualité ce qui n'est pas le cas dans la plaine de Taïz (Profils YER 83).

Les sols des bas fonds sont salés avec une salinité moyenne de 3 000 micromhos, leur texture fine ou très fine serait une gêne considérable pour le lessivage des sols, malgré leur teneur en calcaire. Le manque d'eau interdit leur mise en valeur.

La vallée du wadi Zabab est occupée par des sols bruns calcaire à teneur en calcaire inférieure à 10 % de

couleur brun grisâtre sombre à gris rougeâtre sombre. Leur texture est fine, limon argileux fin ou limon fin argileux ; la structure est massive cassant en granuleuse subangulaire fine. Les cailloux sont assez nombreux et l'eau utile y est abondante (10 à 16,9). Profil YER 75.

Toutes ces terres sont cultivées en terrasses pluviales utilisant le ruissellement, parfois irriguées, de façon pérenne, ces dernières portant les plus belles cultures. La salinité de l'eau du wadi Zabab permettrait de cultiver toutes les plantes, y compris les plantes peu tolérantes aux sels sur les sols à texture grossières à moyennes, par contre les plantes moyennement et très tolérantes aux sels peuvent être cultivées sur les sols de toutes les textures y compris les textures très fines (excepté les argiles fines à plus de 60 % d'argile), elles ne présentent qu'un faible danger d'alcalinisation des sols, encore affaibli par la présence de calcaire.

Il serait possible d'augmenter les surfaces irriguées de façon pérenne en améliorant l'économie de l'eau en utilisant pour son transport des conduites étanches, tuyaux ou canaux.

La vallée du wadi Zabab se poursuit vers l'aval par ce qu'il est convenu d'appeler la Green Valley. Les sols sont cultivés en terrasses. Ce sont des sols bruns calcaires brun grisâtre sombre à texture moyenne à fine et à structure polyédrique subangulaire moyenne. Le calcaire est abondant et consolide cette structure. Les cailloux et graviers y sont assez abondants. Les eaux utilisables permettent la culture des plantes peu tolérantes aux sels sur les sols à textures grossières, les plantes moyennement et très tolérantes aux sels peuvent être cultivées sans danger quel que soit la texture du sol ; le danger d'alcalinisation présenté par les eaux est insignifiant surtout en présence du calcaire des sols.

Des venues d'eaux salées peuvent provoquer une salinisation des sols locale, c'est le cas d'un profil voisin, de sol brun calcaire salinisé surtout en surface où la conductivité atteint 1 500 micromhos. La texture est ici moyenne et la teneur en calcaire forte. Un gazon de *Paspalum* sp. occupe toute la surface qui peut être pâturée. La mise en valeur de tels sols par l'irrigation est possible mais demanderait des travaux de drainage trop importants pour la faible superficie des terrains concernés.

Du village d'Haïda à l'ensemble d'Al Barh la route de Taïz à Al Mukha passe dans une vallée étroite à wadi pérenne bordé de terrasses fluviales cultivées en légumes et arbres fruitiers divers. Les sols de ces terrasses n'ont pas été étudiés. Cette vallée se termine aux terrasses de Sehara avec une dénivellation de 400 m depuis Haydah.

L'ensemble d'Al Barh et le Tehama interne

L'ensemble d'Al Barh comprend deux vallées, celle du wadi Rasyan qui coule du nord-est au sud-ouest le long des montagnes bordant la plaine d'Al Barh au nord-ouest et la vallée normalement sèche de Sehara, à l'est, qui rejoint le wadi Barh à hauteur du village d'Al Barh où existe une oasis bien cultivée. Entre ces deux wadis existe une vaste terrasse caillouteuse, partie du Tehama intérieur. Elle se prolonge sur la façade maritime des montagnes qui forment cet ensemble vers l'Ouest, par le cône de déjection du wadi Rasyan qui appartient, lui aussi au Tehama intérieur.

Le wadi Rasyan sera examiné en une seule fois dans la 4ème partie de l'étude des sols.

Dans l'ensemble d'Al Barh, la terrasse caillouteuse est pratiquement plate et descend de 580 m au nord-est à 500 environ au sud-ouest. Son âge serait Miocène. Elle forme d'abord une série de petites plaines caillouteuses puis s'élargit en une plaine assez vaste toujours caillouteuse en aval du volcan rhyolitique d'Al Barh. Les habitants ont essayé d'y créer des aménagements pour utiliser l'eau de ruissellement en saison des pluies et cultiver le mil et le sorgho. Une grande partie de la zone reste inculte et est occupée par un sol très caillouteux en surface avec cailloux éclatés et polis par le vent (on y trouve des dreikanter assez nombreux) présentant tout à fait l'aspect des regs des déserts d'Afrique du Nord. Le sol est un sol éolien d'ablation.

Vers le bas de la plaine d'Al Barh, la terrasse domine le cours actuel du wadi Rasyan d'une soixantaine de mètres. Deux terrasses anciennes peuvent être distinguées. La première à 15 m au-dessous de la terrasse «miocène» et la deuxième à 20 m sous la première, chacune d'elle réunie à la terrasse qui la domine par un talus à 45° environ. La 2ème terrasse ancienne domine par un abrupt la terrasse actuelle du wadi Rasyan située à environ 25 m plus bas. Les terrasses anciennes se retrouvent le long du wadi Rasyan et le long de son cours dans son cône de déjection. Elles se retrouvent aussi au bord des wadis Sehara et Barh.

La terrasse présente çà et là des petits points bas, à quelques décimètres au-dessous du niveau général de la plaine dans lesquels s'accumulent des limons de ruissellement venant des zones voisines et présentant l'aspect des «maader» du Sahara d'Afrique du Nord. Les sols de ces dépressions sont des sols bruts d'apport fluvial, légèrement calcaires, non salés, à texture grossière ou les cailloux sont fréquents ou très fréquents, formés de lave altérée. Le manque d'eau ne permet pas leur mise en valeur.

Dans l'ensemble, les sols du cône de déjection du wadi Rasyan sont des sols éoliens d'ablation avec concentration relative des cailloux en surface où ils forment un «désert pavement» très caractéristique, ils ne sont pas salés à l'ouest des montagnes qui bordent

le Tehama vers l'est, et ils sont riches en calcaire. Au nord du pont route du wadi Rasyan, vers Hodeïdah, à Al Khali, Al Harzaï, ces terrains épierrés sont cultivés grâce à la possibilité d'utiliser de l'eau de ruissellement au moment des crues ; mil et palmiers y sont cultivés bien que l'eau soit rare et peu abondante. La texture du sol est moyenne (limon fin), les cailloux sont présents mais ne gênent pas la culture (ces sols ont été épierrés), la teneur en calcaire est faible ainsi que la teneur en matière organique, il n'y existe pas de sels solubles.

A l'intérieur de la barrière de montagnes, les sols s'enrichissent en sels solubles, qu'ils soient cultivés (YER 5) ou non. Les sols cultivés ont été épierrés et la présence d'Atriplex Sp. et d'Halophytes divers révèle l'existence de sels solubles. Cependant les sols cultivés arrivent à produire de maigres récoltes de céréales chaque année.

Les sols de la vallée de Sehara seraient plus intéressants s'il était possible de trouver des ressources en eau supplémentaires. Actuellement seule la zone de Sehara est cultivée en terrasses en bordure desquelles poussent des Zysiphus Spina Christi. Les parcelles sont suffisamment étendues pour permettre la culture attelée et sans doute la culture mécanique avec du matériel léger tel que les motoculteurs. Les sols non salins, présentent une texture fine et légèrement calcaire ; les cailloux et graviers sont peu abondants (YER 68). Les cultures pratiquées sont le mil et quelques palmiers au voisinage. Des tamarix, près du point de prélèvement laissent penser qu'il existe une nappe, peut-être exploitable, dans ces terrains. Les cultures pourraient être améliorées et diversifiées s'il était possible de trouver de nouvelles ressources hydriques afin de rendre les irrigations pérennes.

En descendant cette vallée vers Al Barh, il existe quelques zones cultivées présentant les mêmes caractères que celle de Sehara.

Les jardins d'Al Barh sont situés entre la route de Taiz au nord-ouest et la partie nord du Jabal Duraf à l'est. Ils comprennent une partie irriguée de façon pérenne par des eaux venant d'un cañon du Jabal Duraf et une partie irriguée par l'épandage des crues du wadi Sehara au nord du village. Ces jardins reçoivent aussi les eaux des crues du wadi Barh.

Le cañon du Jabal Duraf, à flancs subverticaux est taillé dans des strates horizontales comprenant des grès et des calcaires noirs lithographiques dont les blocs de plus d'un mètre cube encombrant le fond où circule un ruisseau. Vers la sortie de ces cañons existent des colluvions dans lesquelles circulent des eaux claires venues, peut-être, des calcaires et des grès. Ces diverses eaux sont captées et conduites vers leur utilisation par des canaux grossièrement maçonnés. La présence de poissons dans ces eaux atteste de leur pérennité.

Les sols de ces jardins sont des sols bruns calcaires (YER 63) de couleur brun grisâtre à texture moyenne

bien pourvus en calcaire, non salins. leur texture leur confère une bonne réserve d'eau utile. Ces sols sont relativement caillouteux. Ils sont cultivés en légumes variés et arbres fruitiers tropicaux (banane, papaye, mangue, dattes). Ca et là poussent des bouquets de tamaris. Les berges concaves du wadi Barh étaient protégées par des murs de cailloux actuellement détériorés, qui pourraient être avantageusement remplacés par des gabions. Les eaux d'irrigation permettent de cultiver dans ces terrains toutes les plantes moyennement ou très tolérantes aux sels sans pratiques spéciales d'irrigation, elles ne risquent pas de les alcaliniser. S'il était possible d'exploiter une plus grande quantité de ces eaux par amélioration du captage et de réduire les pertes à la distribution grâce à des canaux en bétons, ou mieux des tuyaux convenablement choisis, le développement des superficies irriguées en permanence serait possible.

Vers le confluent avec le wadi Sebara les jardins d'Al Barh sont constitués par une palmeraie claire, sans culture de «sous bois» cultivée en mil, par épandage de crue. Les terres y sont profondes et le sol est encore un sol brun calcaire à texture moyenne de limon fin, calcaire et non salin. Il est labouré en petits billons pour le mil. Les parcelles sont suffisamment grandes pour être travaillées par des engins mécaniques légers ou des motoculteurs ou encore en culture attelée.

La mise en valeur de ces terrains pourrait être améliorée si de nouvelles ressources hydrauliques pouvaient être trouvées.

Donc avec de nouvelles ressources hydrauliques, des conduites d'eau évitant les pertes par évaporation et infiltration la mise en valeur de la vallée de Sebara à Al Barh serait facilement améliorée.

La vallée du wadi Rasyan

La vallée du wadi Rasyan commence à Gumana par une résurgence. Jusqu'à son entrée dans le Tehama intérieur, il s'écoule entre des montagnes abruptes et déchiquetées et ne forme qu'une seule terrasse fluviale. A partir du Tehama intérieur, la plaine d'Al Barh, où il coule entre des montagnes déchiquetées au nord-ouest et la terrasse «miocène» au sud-est qui le domine de 150 m environ ; il donne naissance à deux terrasses dont le niveau diffère d'un mètre environ. Il traverse ensuite les montagnes volcaniques de l'Ouest dans un cañon profond de 120 m environ. Il ne donne qu'une terrasse dans ce cañon. Il rejoint alors le Tehama intérieur caillouteux dans une gorge de 15 à 20 m de profondeur où apparaissent deux terrasses à des niveaux différant d'un mètre environ. Vers Al Jubayl, le wadi Rasyan s'écoule à moindre profondeur dans les alluvions anciennes et s'élargit en donnant des terrasses récentes plus vastes. Ces terrasses ont été aménagées et sont cultivées en céréales diverses et en palmiers. Finalement il s'étale sur les alluvions du Tehama côtier sans creuser de lit bien marqué.

Tout au long du wadi Rasyan des aménagements captent l'eau de son cours pérenne pour irriguer des terrasses bien cultivées, souvent étagées surtout dans son cours inférieur ou existait un barrage maçonné qui fut détruit par une crue violente entre les années 1930 et 1940, il fut remplacé par un barrage en terre et broussailles détruit en 1976-1977. L'eau est distribuée sur une terrasse aussi haute que possible, le bassin qui l'occupe est rempli et l'eau passe par débordement sur une terrasse située à une cote inférieure. Les rives concaves souvent érodées sont protégées par des blocs de rochers déversés du haut de la berge afin de former un talus.

Dans l'ensemble la vallée du wadi Rasyan est cultivée très correctement, peu de modifications pourraient être apportées aux systèmes actuels de mise en valeur.

Les sols des terrasses, tout le long du wadi Rasyan sont des sols bruns calcaires ou mieux des sols peu évolués d'apport fluviale à texture généralement moyenne, pouvant devenir grossière dans le cas des terrasses récentes supérieures, mais en général la classe de ces textures oscille entre les limons et les limons fins. Le pH est élevé, il varie de 8,6 à 9,4 et la teneur en calcaire reste voisine mais inférieure à 10 %. La salinité est normalement très faible, un seul échantillon présente une très forte salinité (CE 25°C de 2 050 micromhos), ce sol situé au bas et au contact de la terrasse «miocène» d'Al Barh, en reçoit les eaux de ruissellement et de drainage salinisées par les sels qu'elle contient. Ce cas est exceptionnel. La matière organique est peu abondante excepté pour un profil de la zone d'épandage du wadi Rasyan où elle atteint 13,4 % en surface. En général il n'existe que peu de cailloux et graviers, ils peuvent être assez abondants dans le cas d'échantillons prélevés dans les zones de gorges étroites, mais ils ne gênent cependant pas les labours. L'eau utile de ces terrains, calculée à partir des humidités à pH 3 et 4,2, est assez forte dans tous les sols puisqu'elle oscille entre 11,5 et 14,3 %. A noter cependant que la structure de la surface du sol se dégrade facilement sous l'influence de l'irrigation, ce qui est un phénomène fréquent. Bien que la composition de l'eau du wadi Rasyan varie le long de son cours, sa salinité ne pose aucun problème pour l'irrigation des plantes moyennement et très tolérantes aux sels, dans les terrains qu'elle peut atteindre et, bien que l'eau présente un certain danger d'alcalinisation, ce danger n'a pas l'occasion de se manifester grâce à la présence de calcaire dans le terrain et à un très bon drainage dû à la position topographique des parcelles cultivées.

Pour en terminer avec les terrains du wadi Rasyan, il faut remarquer que lorsqu'il existe deux terrasses alluviales récentes, la texture de la terrasse inférieure est plus fine que celle de la terrasse supérieure (YER 50 comparé à YER 49) et, dans les profils prélevés de chaque côté du wadi affluent du wadi Rasyan dans le «Projet Pilote», le profil d'amont a une texture plus fine que celle du profil aval, le premier représentant l'échantillon normal des terrasses du wadi Rasyan le second, étant

fortement influencé par les alluvions de l'affluent qui se jette là, dans le wadi Rasyan.

Il paraît difficile d'augmenter les ressources hydrauliques du wadi Rasyan ; par contre, les captages en rivière, les séguis en terre et les déversoirs d'une terrasse à une autre pourraient être améliorés par des travaux relativement peu coûteux qui permettraient une forte économie d'eau en réduisant les pertes par évaporation et infiltration et en assurant une plus grande stabilité aux terrasses irriguées.

CONCLUSIONS GENERALES

L'étude des conditions naturelles et de la mise en valeur agricole de la République Arabe du Yémen montre que les populations ont su exploiter au mieux les possibilités climatiques, hydrauliques et géologiques qui leur étaient offertes.

Ces populations ont su aménager des terrasses pluviales bénéficiant souvent d'apports d'eau de ruissellement. Les terrasses, les plus élevées en qât. Certaines lement cultivées en céréales, parfois en qât. Certaines terrasses peuvent bénéficier du captage d'eaux de sources venant des terrains sédimentaires permettant leur irrigation permanente et la culture de nombreuses espèces végétales dont le café.

Le captage des wadis pérennes permet aussi de belles cultures irriguées telles que celles qui se rencontrent au Sud d'Haydah le long de la route d'Al Mukha. Enfin, les dérivations de crues par de petits barrages permet de les épandre sur des terrains normalement hors d'atteinte des eaux des wadis, permettant la culture des céréales et des palmiers dattiers.

Ainsi, ces populations ont mis en place une agriculture prospère exploitant tous les terrains disponibles, grâce à la technique des terrasses, sur lesquelles les cultures sont d'autant plus diversifiées et prospères, que les possibilités d'irrigation sont plus grandes.

Pourtant, des techniques d'aménagement des terrains irrigués sont rudimentaires et il est possible d'améliorer les installations permanentes ainsi que les pratiques agricoles.

Actuellement les berges concaves du wadi Rasyan et du wadi Barh ne sont pas protégées contre l'érosion où si elles le sont, ce n'est que par un tas de grosses pierres déversées du haut de la berge. Un gabionnage ferait beaucoup mieux l'affaire.

Les ouvrages de dérivation des crues sont souvent constitués par des petits barrages en terre «armée» et protégée par des broussailles. Ici encore un ouvrage en gabion serait préférable.

Les canaux amenant l'eau à son utilisation sont généralement en terre et les pertes par infiltration et évaporation sont considérables. Des canaux en béton armé ou des tuyaux convenables feraient faire de substantielles économies d'eau.

Lorsque de l'eau est utilisée pour irriguer des terrains, elle est déversée sur une terrasse aussi élevée que possible. Lorsque le bassin de cette terrasse est plein, il déborde et l'eau tombe sur la terrasse dominée. La mise en place d'un déversoir bétonné ou en maçonnerie éviterait la dégradation des terrasses et les pertes d'eau.

A côté de ces travaux hydrauliques, il serait peut-être souhaitable de développer une culture mécanique adaptée aux situations du Yémen, utilisant les engins légers, les motoculteurs et la culture attelée.

L'emploi d'engrais organiques provenant de l'élevage ou la pratique de l'enfouissement de légumineuses en vert, complétés par des apports minéraux auraient très certainement de bons résultats.

Une étude par région du bilan de l'eau des sols devrait permettre de n'utiliser que l'eau nécessaire à l'irrigation pour alimenter la plante et lessiver les sels solubles accumulés dans le sol. Cette étude, qui nécessiterait la mise en place d'évapotranspiromètres et des essais de cultures dans différentes conditions permettant de réduire les pertes (mulching, brise vent), serait longue (plusieurs années) et coûteuses (personnel expatrié et installations fixes). Elle serait très utile pour le Yémen du Nord.

Enfin, l'introduction de variétés hâtives des diverses céréales permettrait sans doute d'augmenter le nombre des récoltes annuelles et les rendements.

Bibliographie

- AN. 1956 - Le Yémen - Synthèse historique, sociale, économique et politique - Paris - Dir. de la Doc. - Notes et études Documentaires n° 2 141 - 30 p. bibli.
- AN. 1969 - The Yemen - Geography and history - In: the Middle East and North Africa - 16th Edit. London - Europa Publ. Ltd.
- BASSE (E.), KARREBERG (H.), LEHMAN (J.P.), ALLOITEAU (J.) et LEFRANC (J.P.), 1954 - Fossiles du Jurassique supérieur et des grès de Nubie de la région de Sana (Yemen) - Bull. Soc. Géol. de Fr. p. 655-688 - 3pl. H.T.
- BLACK (J.N.), 1956 - The distribution of solar radiation over the earth's surface - Arch. F. Meteor. Geophys. u. Bioklim. S.B. - 2H. Un. of Adelaide - Waite Agr. Res. Inst. Adelaide Australia.
- DURAND (J.H.), 1959 - Les sols irrigables - Etude pédologique - Alger - 1 vol. 190 p. - Imbert Edit.
- GEUKENS (F.), 1966 - Geology of the Arab peninsula - Yemen - Geol. Serv. Prof. Paper U.S.A. - n° 560 B V. - 23 p. Fig. Bibl.
- GEUKENS (F.), 1966 - Contribution à la géologie du Yémen (PL. VII-VIII) - Mémoire de l'Université de Louvain - p. 119-180 - Carte - Photo.
- GEUKENS (F.), 1955 - Notes géologiques sur un récent voyage au Yémen - Bull. Soc. Belg. Géol. T 64 - f. 2 - p. 339.
- HOLM (D.A.), 1960 - Desert geomorphology in the Arabian peninsula - Science 132 - 3 437 : 1372.
- Huntig Technical service LTD 1967 - Soil Survey and Land classification of Ahwar area - Rep. to the Dept. of Agric. and Irrig. South Arabia.
- KARPOFF (R.), 1957 - Esquisse géologique de l'Arabie Séoudite - Bull. S.G.F. - 653-697 Bibliog.
- LAMARE (P.), 1936 - Structure géologique de l'Arabie - 1 vol. - 64 p. - 16 fig. - 1 pl. H.T. BERANGER Paris.
- LAMARE (P.), 1933 - Travaux géographiques et géologiques récents sur l'Arabie méridionale - Ann. Geogr. XVIIIème Année - n° 240 - p. 623-630.

- LAMARE (P.), 1931 - Résultats géographiques d'une mission au Yémen - Observations nouvelles relatives à deux régions peu connues dans ce pays - Paris Sté. Géog. 79 p. (La géographie nov.-déc. 1930 et janvier-février 1931).
- LAMARE (P.), 1924 - L'Arabie heureuse - le Yémen géographique t. XLII - n° 1 - p. 1-23 - 1 carte - 2 fig. - 8 photos.
- LAMARE (P.), 1923 - Observations géologiques sur le Yémen - C.R.A.C. Sc. t. 176 - p. 956.
- LEES (G.M.), 1928 - The Physical Geography of South Eastern Arabia - Geog. Journ. vol. LXXI - 441-446.
- LIPPARINI (T.), 1954 - Contributi alla conoscenza geologica del Yemen (S.W. Arabia) Bol. Serv. Geol. Italia LXXVI L. 95-118 - carte.

- RICHARDS (L.A.), 1954 - Diagnosis and improvement of Saline and alkali soils - Agric. Handbook n° 60 USDA - Washington D.C.
- SMITS (H.), 1970 - The soils of the Yemen Highlands - F.A.O. - Rome - Multigraphié 18 p. Ann.
- TEILHARD DE CHARDIN (P.), LAMARE (P.), LACROIX (A.), DREYFUSS (M.) et BASSE (E), 1930 - Etude Géologiques en Ethiopie, Somalie et Arabie Méridionale - Mém. Sté. Géol. de Fr. - n° 14 - 1 vol. - 151 P. - 5 pl. - 1 carte en couleur.
- U.N.D.P., 1971 - Yemen Arab Republic Information paper n° 9 - Multigraphié.
- WISSINK (G.), 1973 - Development of horticultural and cereal crops in midland area of Taiz - UNDP/FAO - Rome.

Tableau I

OBSERVATIONS METEOROLOGIQUES

Station et phénomènes	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Sana'a													
P 1938 - 47	1,9	3,4	27,2	42,1	33,3	4,2	66	89,1	12,3	2,2	8,1	4,6	295,3
1963 - 66	2,7	6,7	15,9	86,7	54,6	7	87,4	80,4	2,6	0	25,7	9,7	379,4
1971 - 73	7	0,8	8,8	86,6	16,6	1,1	13,3	63,3	4,7	0	4,1	0,8	207,1
T 1963 - 66	12,8	15,1	16,6	16,9	18,7	20,5	20,5	19,8	18,8	15,5	14	11,6	16,7
1971 - 73	12,8	14,7	17,6	18	19,8	21,7	21,7	21,2	18,3	15,1	15	13	17,4
h moy.													
1963 - 66 - 8 h	49	44	34	48	47	35	49	58	39	35	52	51	46
1963 - 66 - 14 h	28	23	19	27	23	18	30	30	19	21	25	25	24
1971 - 73 - Moy.	40	35	40	46	44	39	50	49	36	33	40	43	41
ETP													
1971 - 73	105,2	120,2	130,9	149,9	173	196,9	162	160,4	176,7	155,9	108,6	94	1 733,7
Taiz													
P 1941 - 53	1,4	8,3	16,8	87,3	115,9	85,6	63,5	46,9	82,6	83,3	5,5	12,8	610
1963 - 66	3	9,3	14,2	45,6	82,9	67	92	97,2	76,6	90,7	16,1	7,6	602,2
T 1963 - 66	20,5	22,3	24,4	25,1	26,4	25,3	26,6	25,9	25,2	23,9	23,5	21	24,3
h moy.													
1963 - 66 - 8 h	46	54	46	46	43	47	74	63	54	39	46	63	52
1963 - 66 - 14 h	40	42	38	41	42	41	45	49	50	37	36	39	42
ETP													
1963 - 66	120,7	110,7	142,1	171	191,8	177,2	166,2	164,6	156,7	194,3	144,6	105	1 844,9
Hodeïda													
P 1963 - 66	0	14,7	6,9	3,7	6,1	0,1	16,1	11,7	3,2	5,3	6,3	36,3	102,2
1973 (Sud Gumeïshal)	10	0	0	0	12,9	0	0	27	0	0	0	0	49,9
T 1963 - 66	24,1	25,6	26,7	29,8	30,6	33,5	32,5	32,4	31,6	29,1	29,6	24,7	29,2
1973	25	25,4	37,1	29,6	32,2	32,7	38,8	32,6	31,8	30,1	27,5	24,6	29,8
h moy.													
1963 - 66 - 8 h	71	72	68	70	65	66	62	63	63	57	62	67	66
1963 - 66 - 14 h	63	62	60	60	60	57	55	58	59	52	54	57	58
ETP													
1963 - 66	118	113,5	134,5	153	174,5	172,7	171	177,7	169,5	178,8	146	124,4	1 833
Ibb													
P 1970	8,1	4,4	45,1	78,7	112,3	257,9	174,2	159,2	109,8	50,3	0	0	1 000
P : Pluie moyenne en mm h : Humidité relative en %													
P : Température moyenne en degrés Celsius ETP : Evapotranspiration Turc en mm/													

Tableau II

ANALYSES DES EAUX DU BASSIN VERSANT DU WADI RASYAN

1 - Eaux du Bassin versant supérieur

ECHANTILLON ET DATE	PH	CE 25 % micro- mhos	Ca	Mg	MILLIEQUIVALENTS PAR LITRE						Total des		S.A.R.	Car- bon- résiduel.	Classe
					K	Na	HC ₀₃	Cl	S ₀₃	N ₀₃	cations mé	anions mé			
W. Haïma 12.4.77	8.1	1 000	4.8	4	0.05	9.5	7.5	10	1.1	0.65	18.35	19.25	4.6	néant	C3-S1
W. Zabab 26.11.76	7.69	700	5	1.2	0.11	9	9.6	4.4	0.4	0.36	15.31	14.76	5	3.4	C2-S1
10.4.77	7	880	2.8	1.6	0.1	12.5	6.5	8	1.75	0.07	17	16.32	9.5	2.1	C3-S2
Green Valley 27.11.76	7.94	1 000	4.8	3.6	0.07	5.5	8.8	5.6	0.95	0.26	13.97	15.61	2.5	néant	C3-S1
10.4.77	7	1 270	4.4	0.8	0.2	14	8.5	9.4	1.85	0.60	19.4	20.35	8.5	3.3	C3-S2
Trou d'eau 11.4.77	8	3 200	6.4	2.8	0.05	26.5	8.5	8	4.40	1.46	35.75	34.36	10.2	néant	C4-S3
Irrigation 11.4.77	7.8	1 300	4.8	4.8	0.02	11.5	9.3	10	1.45	1	21.12	21.75	5.2	néant	C3-S5
W. Multaka 27.11.76	8.18	6 300	7.6	19.4	0.32	47	22.8	32.8	16.5	0.43	74.32	73.53	13	néant	C5-S4
Taiz (district) 12.4.77	7.6	3 800	17.6	4.8	0.23	27.5	7.8	20	13	1.82	50.13	39.62	8	néant	C4-S3

2 - Eaux du Wadi Rasyan

Pt route 24.11.76	8	2 200	5	1.6	0.23	22.5	14.8	11.2	4	0.53	29.33	29.53	12	8.2	C3-S3
d'Hodeïda 7.4.77	7.8	2 400	4.8	3.6	0.22	23.5	13.5	11	7.1	0.83	32.12	32.43	12	5.1	C4-S3
Village de 25.11.76	8.24	2 000	4.8	3.4	0.13	18.5	9.6	12.6	3.5	0.32	26.83	25.02	9	0.4	C3-S3
Rasyan 10.4.77	7.9	2 350	8.4	3.8	0.16	25.0	12.3	18.0	6.1	1.59	37.36	37.99	10	0.1	C4-S3
Pl. El Barh 27.11.76	7.7	1 550	3.8	6.2	0.13	12.5	3.8	8.4	3.3	0.5	22.63	21.0	5.5	néant	C3-S2
Al Jubaye 7.4.77	7.6	2 250	3.6	2.4	0.22	18.0	4.9	12.2	6.7	2.17	24.22	24.97	11	néant	C4-S3
N.PK 64 8.4.77	8	2 700	4.8	2.8	0.23	29.0	5.5	21.4	7.3	1.94	36.83	36.14	14	néant	C4-S4
S.Pl. El Barh 9.4.77	8	3 000	8.2	4.2	0.23	30.0	9.9	24.4	10.6	1.46	42.63	43.56	11	néant	C4-S3
Projet Pilote 10.4.77	7.65	2 750	3.2	3.6	0.05	24.5	9.5	12.4	7.6	1.07	31.35	30.57	12	2.7	C4-S3

3 - Eaux des Affluents du Wadi Rasyan et Puits

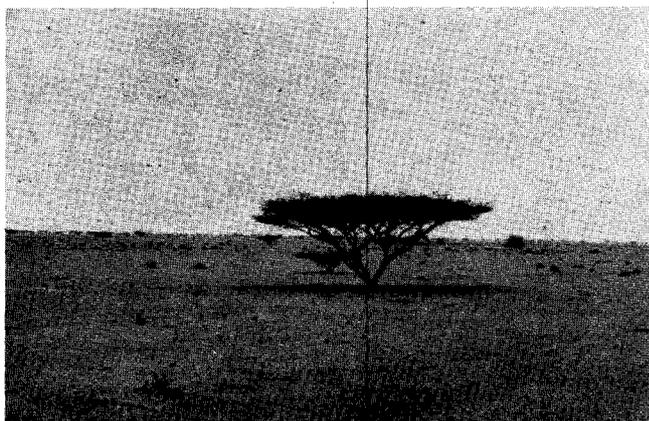
W. Barh radier - 24.11.76	7.75	1 250	4.2	5.8	0.09	9	12.8	6	1.3	0.21	19.09	20.31	4	2.8	C3-S1
W. Haradiba - 25.11.76	7.7	950	3.2	2.6	0.09	11.5	8.4	5.6	1.55	0.71	17.39	16.26	2.5	2.6	C3-S1
Wh.N. Haydan - 5.11.76	8.18	1 320	4.4	2.4	0.02	11	8.4	7.2	1.95	1.31	17.82	18.86	6	1.6	CS-S2
W. Barh canon - 9.4.77	7.8	1 020	2.4	9.6	0.09	11.5	9.5	11.0	1.65	1.5	23.59	23.65	4.6	néant	C3-S2
Irrigation - 9.4.77	7.85	1 100	2.0	2.4	0.08	12.5	4.3	10.4	3.1	0.78	16.98	18.52	8.5	néant	C3-S3
Pts N. Haydah (puits) - 25.11.76	7.52	1 600	7.0	3.8	0.16	12.5	12.8	4.8	2.6	1.67	21.46	21.87	5.2	2	C3-S2

Tableau III

RESULTATS DES ANALYSES DE QUELQUES PROFILS
(excepté l'azote total, tous les résultats sont en %, les pH en unités pH
et la conductivité en micromhos)

	Terrasses voisines du Tehama cotier - La terrasse du profil 49 domine d'environ 2 m celle du profil 50						Tehama intérieur - Terrasse haute (bien cultivée)			Bordure N. du Tehama intérieur - Sehama (irrigué par crues)			Vallée de montagne - Bien cultivée (irrigation permanente)			Environ de Tazé - Sols formés sur laves plateau			
	Profil 49			Profil 50			Profil 63			Profil 68			Profil 75			Profil 83		Profil 94	
	0-35	35-60	60-100	0-8	8-57	62-100	0-40	40-80	50-100	0-30	30-50	50-75	0-40	40-70	70-100	0-40	40-60	0-25	25-45
Humidité	22.25	18.06	20.91	24.75	25.89	25.19	19.38	21.19	18.67	27.82	19.29	28.41	24.37	25.43	26.48	24.06	27.99	22.91	22.18
pF 3	8.28	6.69	7.63	12.45	11.62	11.17	6.77	8.14	6.84	13.67	15.32	14.11	8.42	10.11	13.85	12.48	13.61	12.21	14.95
pF 4.2	13.97	11.37	4.28	12.3	14.27	14.02	12.61	13.05	11.83	14.15	3.9	12.30	15.95	15.32	12.63	11.58	14.38	10.7	7.23
Eau utile	13.4	12.5	13.3	22.4	23.4	21.8	10.1	12.5	10.1	22.7	29.2	30.2	13.7	17.7	24.8	19.8	22.7	16.7	19.3
Argile	24.1	13	17.5	29.5	29.2	28.8	17.9	23.6	18.1	40.7	45	39	24.9	34.9	37	30	34.3	18.8	13.9
Limon fin	31.8	24.6	27.5	33.3	25.7	23.7	28.6	26.4	23.7	22.9	18.9	20.7	29.8	27.6	24.8	27	24.4	36.4	17.8
Limon gros	26.8	36	32	14.1	21.2	24.6	30.7	27.5	37.1	11.6	5.7	8.8	24.5	15.6	10.3	11.3	9.6	23.5	18.7
Sable fin	4	13.9	9.6	0.7	0.5	1.1	12.7	9.9	11	2.7	1.1	1.4	6.9	4.2	3.1	11.8	9	4.7	30.3
Sable grossier	7.3	6.8	8.1	3.4	9	9	8.1	7.7	7.7	7.2	6.3	6.3	4.2	3.8	5.5	9.3	10.1	10.6	10.2
CO ₂ Ca total	0.71	0.6	0.45	13.4	0.49	0.28	0.75	0.99	0.65	1.29	1.01	0.88	1.67	1.05	1.08	1.45	0.69	0.45	0.5
Mat. org.	0.35			0.45			0.48			0.66			0.92			0.55		0.28	
Azote total	12			17			9			11			11.1			15		9	
%/100																			
C/N																			
CE 25°C	140	150	160	235	210	210	190	135	125	215	185	260	195	115	135	135	150	5 000	2 950
1/10	9.4	9.35	9.3	9.2	9.2	9.15	8.75	8.6	8.65	8.25	8.2	8.15	8.5	8.45	8.45	8.55	8.6	8.95	8.65
Ext. 1/10.																			
PH																			
	Sol brun calcaire Texture grossière			Sol brun calcaire Texture moyenne			Sol brun calcaire Texture grossière			Sol brun calcaire Texture fine			Sol brun calcaire Texture grossière			Sol brun calcaire Text. moyen.		Sol halomorphe Croute calcaire de surface	

TEHAMA COTIER



1. Téhéma côtier, zone basse à petits graviers et à Acacias isolés — Nord d'Al Multra.



2. Culture de sorgho, de palmiers et arbres fruitiers, près d'Al Jubaye sur limons du Wadi Rayan, irrigation par carrés.

TEHAMA INTERIEUR



3. Les alluvions anciennes du cône de déjection ont subi l'action du vent, il y a eu concentration relative des cailloux en surface. Certains ont subi des effets thermiques et se sont cassés. Pierre éclatée au Sud du pont du Wadi Rayan vers le PK 64.

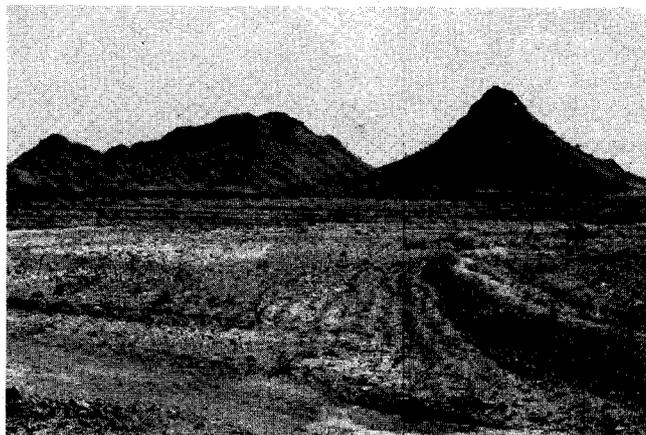


4. Dans ces mêmes alluvions de gros cailloux ont été éolisés, tel de cailloux à faces polies transformé en dreikanter.

TEHAMA INTERIEUR (suite)



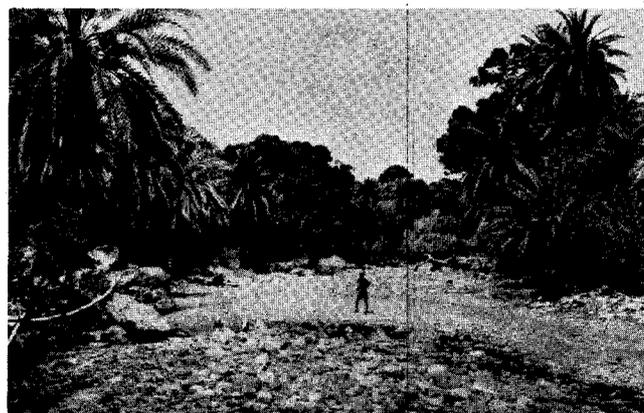
5. Vallée du Wadi Rayan creusée dans les alluvions miocènes, à droite de la photographie. Le lit lowiné fait des méandres entre de larges terrasses cultivées en irrigation. En aval, le Wadi Rayan traverse les hauteurs volcaniques, dans un canyon pour rejoindre le Téhama côtier.



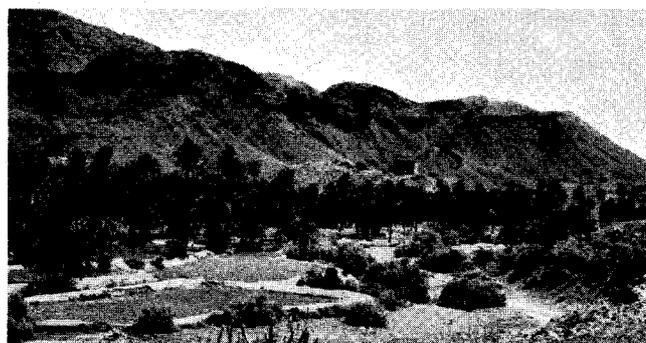
6. Aménagements rustiques pour la culture pluviale du sorgho ou de l'orge. Envahis par les Atriplex et quelques salcolacées. Au fond, volcan andésitique d'Al Barh.



7. Wadi Barh à sa sortie du Canon par lequel il traverse le Sabal DURAF. Le fond est encombré de gros blocs de calcaire bleuté. Des mares constituent un écoulement pérenne, attesté par la présence de poissons, drainage des coudes rudimentaires de l'amont.

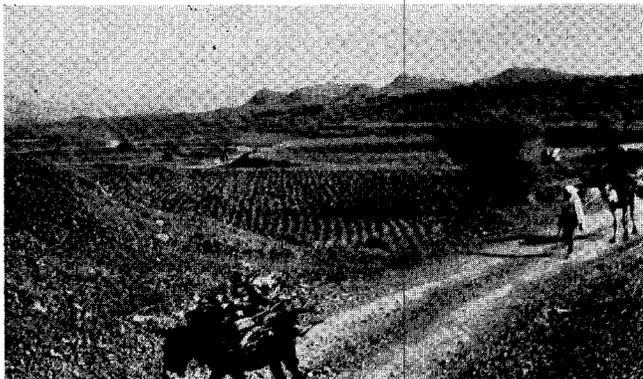


8. Oasis d'Al Barh, cultivée en irrigation par les eaux du Wadi Barh. Arbres fruitiers tropicaux, palmiers, cultures vivrières.



9. Cultures de l'oasis d'Al Barh, irriguées par les crues, mil, sorgho et palmiers.

ZONE INTERMEDIAIRE



10. Plaine de Taž, de moyenne altitude. Cette plaine est morcelée par des monticules isolés, séparés par des wadis aux tracés capricieux. Quelques parties sont cultivées en terrasses. Le sous-sol de telles plaines est formé de laves.

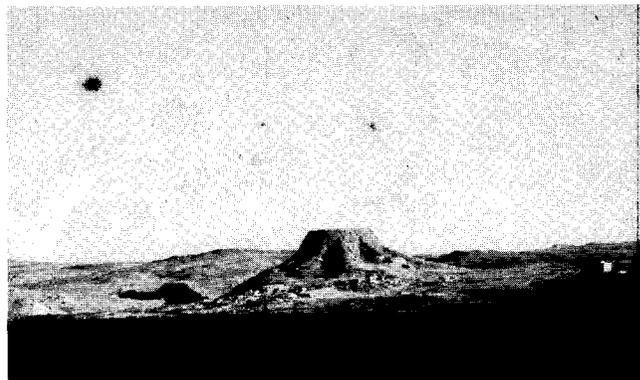


11. Wadi au Nord d'Haydah, terrasses pluviales caillouteuses formées sur éboulis voisins.

PENTE DES GRANDS MASSIFS

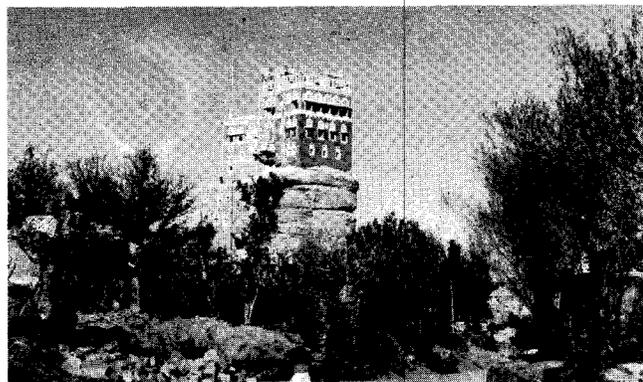


12. Vallon du haut bassin versant du Wadi Bana. La photo en prise de la route venant de Getab. Au fond village d'Al Saddah, dominé par Sabal SHAK (3070 m) dont les basses pentes sont couvertes de terrasses qui exploitent des venues d'eau des couches sédimentaires ; dans la vallée du Wadi Bana pérenne, les terrasses du Wadi sont cultivées en irrigation intensive. Le haut vallon, premier plan de la photographie, est couvert de terrasses bien cultivées en céréales, qat, café, etc...



13. Volcan al Haradah, de forme circulaire presque parfaite, c'est probablement un ancien sous marin. Autour s'est formé un traversin calcaire grâce aux eaux thermominérales qui l'accompagnent.

HAUT PLATEAU



Maison à Gabil (Nord de Sana'a). Gabil est une oasis verdoyante qui s'est installée dans une vallée bordée de falaises pérennes, s'ouvrant largement sur la plaine de Sana'a. Les cultures sont irriguées grâce aux eaux abondantes qui proviennent du sédimentaire. De nombreuses cultures y sont pratiquées.



Terrasses aménagées sur les montagnes qui bordent vers le sud le plateau de Yarim, terminaison sud du Haut Plateau. Cultures pluviales de céréales diverses.