

VIII^e Congrès International de la Science du Sol

BUCAREST - 31 Août au 9 Septembre 1964

Cartographie des sols au Maroc
en vue de l'irrigation

Paul BILLAUX et Alain RUELLAN
Pédologues ORSTOM
Office National des Irrigations

MAROC

O. R. S. I. O. M.

Collection de Référence

n° 10978 ex 1

Cette communication expose la méthode générale suivie pour les prospections pédologiques à l'Office National des Irrigations du Maroc (O.N.I.), méthode mise au point au cours de trois ans d'expériences.

Créé le 1^{er} Janvier 1961, cet Office est "chargé de l'équipement et de la mise en valeur de zones délimitées par décret, dont la production agricole est susceptible d'être améliorée par l'irrigation, l'assainissement et d'une manière générale l'utilisation des eaux". Cet organisme a regroupé tous les services qui, d'une façon souvent trop dispersée, avaient jusqu'alors charge d'étudier, d'équiper, de mettre en valeur et de gérer les différents périmètres d'irrigation du pays.

A l'intérieur de l'O.N.I., trois Directions principales se partagent le travail : Etudes Générales, Equipement et Mise en Valeur. Au sein de la Direction des Etudes Générales a été créé un Bureau de Pédologie dont l'organisation et le fonctionnement ont été confiés à des pédologues de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (France).

Les études et travaux que ce Bureau de Pédologie doit réaliser sont de trois ordres :

- La cartographie des sols et son interprétation sur le plan agronomique ;

- l'étude des problèmes que pose la mise en valeur par irrigation de certains sols difficiles ;

- l'étude et le contrôle de l'évolution physique et chimique de tous les sols sous irrigation.

Nous parlerons seulement ici de la cartographie des sols : elle fut d'ailleurs depuis trois ans notre tâche principale en tant que base essentielle des projets d'aménagement.

*

* *

Dans le cas le plus général, quand, à la suite de prospections hydrologiques et hydrogéologiques mettant en évidence des ressources en eau, il est possible d'entrevoir l'irrigation d'une certaine surface (dont la valeur exacte ne pourra être connue qu'après une étude détaillée du milieu et en particulier du climat et des sols qui conditionnent les cultures possibles et leurs besoins en eau), surface à rechercher à l'intérieur d'une région souvent très vaste, l'ordre suivi pour les études pédologiques est le suivant :

1°) Etude de reconnaissance

2°) Etude semi-détaillée

3°) Etudes détaillées

Avant d'exposer le but et le contenu de ces études, précisons un point important : celui du cadre scientifique et technique dans lequel se fait le travail du pédologue. Sur le plan scientifique, le pédologue a toujours eu, au Maroc, la chance de pouvoir travailler en étroite liaison avec les chercheurs d'autres disciplines tels que géologues, géographes, phytosociologues, collaboration indispensable qui a permis de nombreux résultats très constructifs. Par contre, il n'en a pas été toujours de même en ce qui concerne les liaisons techniques, pourtant tellement logiques, avec les ingénieurs s'intéressant à l'irrigation. Le pédologue a longtemps travaillé seul, souvent en partie par sa faute, s'intéressant assez peu aux objectifs pratiques de ses études, et n'étant généralement pas tenu au courant des conclusions qui en étaient tirées. Bien du temps et des efforts furent ainsi perdus. Depuis la création de l'O.N.I., les choses ont heureusement évolué. Des missions d'études générales ont été créées permettant des liaisons organiques entre chercheurs et techniciens spécialisés en : pédologie, hydrogéologie, hydrologie, agronomie, socio-économie, aménagement des sols, irrigation, génie civil Les pédologues peuvent maintenant mieux concevoir le sens de leurs travaux, tenir compte des résultats obtenus par les autres spécialistes, obtenir que leurs propres résultats soient correctement utilisés, faire bénéficier tout le monde de leur expérience du terrain qu'ils sont les seuls à avoir

fouillé en détail. Par ailleurs ces missions étant fréquemment installées dans des zones où l'irrigation est déjà commencée, ils peuvent suivre les réalisations en cours, en tirer des conclusions pour leurs études, intervenir auprès des services réalisateurs s'ils estiment que des erreurs sont commises.

I.- Etude de reconnaissance

Cette étude, dont le but essentiel est de permettre une première délimitation des zones pédologiquement les plus favorables à la mise en valeur, doit être menée sur une surface assez vaste : c'est une condition essentielle pour pouvoir faire un choix ; surface qui aura été délimitée d'après des critères hydrogéologiques, hydrologiques, topographiques et socio-économiques.

L'échelle utilisée variera en fonction des dimensions de la zone à étudier ; le plus souvent cependant, pour des périmètres de quelques centaines de milliers d'hectares, on choisira le 1/100.000^e.

Cette étude "de reconnaissance" a trop souvent été autrefois réalisée sous la forme d'un simple tri des sols qui ne faisait ressortir que certaines propriétés physiques et chimiques intéressant immédiatement la mise en valeur. C'est à notre avis une erreur. Ces études, bien que rapides,

doivent également être aussi complètes que possible : il est dommage en effet de devoir recommencer le travail plusieurs années après (ce qui est arrivé) parce que tel élément, considéré comme secondaire, n'avait pas été étudié.

Seule donc, la réalisation d'une véritable étude pédologique, faisant ressortir les grands ensembles de sols, peut permettre une reconnaissance rapide aussi complète que possible. Jointe à des données géologiques, hydrogéologiques, géomorphologiques, climatiques, phytosociologiques et humaines, données que le pédologue doit bien connaître et même compléter si nécessaire, l'étude pédologique permettra une connaissance approfondie du milieu, de l'équilibre naturel qui doit être profondément modifié par la mise en place de grands périmètres irrigués. Ceci est très important : l'irrigation est une révolution du milieu qu'il faut pouvoir dominer, orienter dès le départ. Cette étude pédologique sera également une base solide pour faire ce choix difficile des zones qui ne bénéficieront pas de l'irrigation et qui ne seront donc pas étudiées ultérieurement d'une façon plus détaillée.

Une étude de reconnaissance doit donc s'attacher :

1°) A classer les sols, d'après les données morphologiques des profils complétées par les données analytiques essentielles. Dans les plaines d'accumulation des pays à

climats méditerranéens, semi-arides et sub-arides, ces données, observées généralement sur une épaisseur de 1,50 m., sont le plus souvent : la couleur ; la structure ; la texture ; la matière organique ; le calcaire et son évolution (taches, granules, nodules, encroûtements, croûtes, dalles) ; l'hydromorphie ; la salure ; l'alcalisation avec mesure du pH, étude de la solution du sol et du complexe adsorbant ; le remaniement superficiel : érosion et accumulation.

2^e) A comprendre leurs pédogénèses en fonction en particulier des milieux géologiques, morphologiques et climatiques, non seulement de la zone étudiée mais aussi de toute la région environnante qui la domine et qui a toujours une part importante dans la formation des sols : toutes les grandes zones irrigables sont en effet des plaines d'accumulation souvent situées au piedmont de massifs montagneux. Il ne s'agit là d'une étude inutile à caractère trop scientifique : comprendre la formation des sols est essentiel pour cartographier au plus juste et au plus vite ; c'est également essentiel pour essayer de prévoir l'évolution des sols sous irrigation ; enfin l'étude des parties montagneuses des bassins versants est nécessaire pour situer les zones où des travaux antiérosifs de protection seront indispensables.

3^e) A tirer de ce travail de base une première étude agronomique. Il s'agit essentiellement, en faisant ressortir les principales propriétés physiques et chimiques des sols, et en tenant compte par ailleurs des climats, de la qualité de l'eau d'irrigation et de la topographie, de tirer les conclusions suivantes :

- Souligner ce qui peut limiter ou favoriser la mise en valeur ; profondeur utilisable ; texture, structure, perméabilité, salure, alcalisation, calcaire, etc... Il ne s'agit pas de rentrer dans les détails : l'échelle de l'étude ne le permet pas. Il faut savoir se contenter de donner, pour chaque unité cartographiée, les valeurs moyennes des éléments du sol et leurs variations extrêmes, et de bien souligner l'homogénéité ou l'hétérogénéité de chaque unité ; en effet, une unité pédologique peut dans certains cas regrouper des sols agronomiquement distincts, dont les différences peuvent être reconnues sur le terrain mais non cartographiées à ce stade de l'étude de reconnaissance.

- Définir sommairement certains travaux d'aménagement des sols qui seront nécessaires pour améliorer ou même permettre la mise en valeur irriguée ; préciser aussi parfois ceux qu'il ne faut pas faire.

- Indiquer la gamme des cultures nécessaires (fourrages améliorants par exemple), possibles et surtout celles qui sont à déconseiller. Des cartes d'aptitudes à recevoir telles ou telles cultures, avec ou sans irrigation, peuvent être réalisées : il faut cependant, dans ce domaine, être très prudent.

- Enfin tenter d'établir une carte de "classement des sols pour la mise en valeur", qui interprète les données pédologiques en vue de contribuer à un choix économique ; c'est en général la seule carte d'application qui puisse, à cette échelle, accompagner la carte pédologique. Les normes d'établisse-

ment et d'utilisation de cette carte doivent être parfaitement bien établies. Il ne s'agit pas de simplifier la carte pédologique mais d'utiliser toutes ses données afin de classer les sols d'après leur aptitude intrinsèque à la valorisation, par irrigation ou non, en tenant compte : du coût des aménagements nécessaires avant irrigation, du coût des travaux prévisibles pour maintenir la fertilité des sols pendant l'irrigation, des rendements moyens que l'on peut espérer en liaison avec les aptitudes culturales. Le Pédologue ne peut pas établir seul ce classement ; il le fera avec l'aide d'autres spécialistes, l'agronome et l'économiste en particulier. Cette carte de classement de sols ne tient compte que des données pédologiques ; les facteurs pente, micro-relief, drainage des nappes phréatiques, etc... n'y interviennent pas : on n'en tiendra compte que pour l'établissement d'une dernière carte, faite d'après toutes les études réalisées par l'ensemble de la mission. Cette carte de synthèse sera la pièce maîtresse d'un premier avant-projet d'équipement et de mise en valeur qui doit en particulier émettre un premier jugement sur la rentabilité de la mise en valeur et qui doit choisir les zones les plus favorables qui devront être étudiées à une échelle plus détaillée.

II.- Etude semi-détaillée

L'étude générale de reconnaissance a permis de choisir les zones les plus favorables pour l'irrigation,

Il s'agit maintenant de réaliser un avant-projet qui, sur la base d'une étude détaillée du milieu physique et des données économiques de ces zones, doit proposer diverses solutions d'équipement et de mise en valeur, (solutions qui seront toutes étudiées en détail sur le plan économique) et doit souligner les problèmes qui n'auront pu être résolus.

Pour la réalisation de cet avant-projet, les études pédologiques peuvent être menées à l'échelle du $1/50.000^e$ ou du $1/20.000^e$. Cependant, un bon travail au $1/20.000^e$ étant très long à faire, cette échelle ne doit être choisie que si la surface à cartographier est petite (inférieure à 5.000 hectares, par exemple) ou si les sols ont une répartition très hétérogène jointe à des variations telles que la différenciation précise des types est nécessaire. Le plus souvent, un bon travail au $1/50.000^e$ est suffisant : travail présenté au $1/50.000^e$, mais cartographié sur le terrain et à l'aide des photographies aériennes à l'échelle du $1/20.000^e$, et réalisé à une cadence qui permette un travail approfondi (1.500 à 2.500 hectares par mois, analyses terminées et rapport rendu).

Au cours de cette deuxième étape, la surface à cartographier devra encore être nettement plus grande que celle qui pourra en définitive être irriguée (vu l'eau disponible et le climat) : pendant l'étude de reconnaissance, tous les problèmes n'ont pu être vus en détail et bien des limites entre types de sols sont restées très imprécises. Le choix des zones à étudier en semi-détaillé doit donc être

assez large de façon à permettre finalement un choix aussi précis que possible des zones qui seront irriguées. Une "rectification du tir" peut d'ailleurs intervenir en cours d'étude : en fonction de ce que l'on découvre de nouveau, on peut être amené à réduire ou augmenter les zones à prospector.

Comme pour l'étude de reconnaissance, le travail semi-détaillé doit être avant tout une étude pédologique, s'attachant à préciser et à détailler la classification des sols, leurs délimitations et leurs pédogénèses : il faut laisser au pédologue le temps de comprendre la région qu'il étudie ; à lui d'être sage, de ne pas surcharger son rapport de considérations scientifiques, qui lui ont été nécessaires mais qu'il n'est pas utile de préciser en détail à ceux que seules des conclusions pratiques intéressent. Il est important en particulier qu'un certain nombre de profils-types soient étudiés d'une façon très détaillée. Il est important également que la précision du travail effectué soit parfaitement soulignée : à cette échelle du 1/50.000^e ou du 1/20.000^e, il est possible de mettre en évidence tous les problèmes qu'il faudra résoudre pour la mise en valeur et de proposer des solutions ou des études complémentaires nécessaires pour obtenir ces solutions ; mais il n'est pas possible de tout traduire sur les cartes : il est indispensable de le dire et de bien indiquer ce que devront préciser des cartographies ultérieures plus détaillées.

Cependant, s'il est indispensable que cette deuxième étude des sols reste solidement appuyée sur des bases scientifiques, nous pensons que la présentation du travail

doit revêtir une forme plus orientée vers l'agronomie, plus agro-pédologique. Ceci veut dire :

1^o) Dans l'étude du milieu (géologie, géomorphologie, climat, etc...) qui constitue la première partie de son rapport, le pédologue ne doit pas se contenter de décrire ce milieu et d'en tirer une explication des pédogénèses. Il cherchera également à en faire ressortir ce qui peut expliquer certains défauts ou qualités des sols ; ce qui peut avoir des conséquences sur la nécessité ou l'inutilité, voire le danger, de certains aménagements des sols ; ce qui peut permettre d'induire le sens probable de certains aspects de l'évolution des sols sous irrigation, ou si on travaille dans une zone déjà en partie irriguée ce qui peut expliquer les évolutions constatées. Il faut en particulier que le pédologue dispose d'une étude chimique détaillée de l'eau d'irrigation et qu'il fasse lui-même une étude complète de l'influence qu'aura cette eau sur l'évolution des sols (au besoin par des essais en laboratoire).

2^o) Dans la deuxième partie du rapport consacrée à l'étude des sols, après avoir défini rapidement les pédogénèses et la place des sols dans la classification pédologique (nous utilisons la classification des sols de MM. AUBERT et DUCHAUFOUR), on présente comparativement les caractères physiques et chimiques des sols, puis on détaille ces propriétés en décrivant les uns après les autres tous les types de sols cartographiés. Il est très important alors de détailler aussi l'influence de ces propriétés sur la mise en valeur.

Par ailleurs, en ce qui concerne l'ordre adopté pour présenter les types de sols, dans le rapport comme dans la légende de la carte pédologique, nous pensons qu'il est nécessaire de s'éloigner un peu d'une classification purement pédologique pour adopter une forme plus agronomique permettant de regrouper les types de sols en fonction d'un ou plusieurs facteurs limitants ou favorables essentiels : profondeur, calcaire, salure, alcalisation, texture, etc... Il ne s'agit pas d'abandonner les termes de la classification pédologique, mais seulement de la compléter par des regroupements d'ordre agronomique.

3^o) Il est nécessaire de rédiger dans une troisième partie une étude agro-pédologique détaillée faisant ressortir ce qui est possible, nécessaire ou à déconseiller en matière de :

- Cultures et assolements, en insistant d'une part sur les cultures indispensables et sur celles qui sont à déconseiller, d'autre part sur les propriétés physiques et chimiques des sols qui doivent guider le choix des variétés.

- Travaux d'aménagement et d'amélioration des sols (nivellement, défoncement, sous-solage, épierrage, drainage, etc...) ; ces travaux et leurs conséquences doivent être définis aussi complètement que possible d'après des expériences déjà réalisées ailleurs et même d'après des essais réalisés au cours de l'étude.

- Modes d'irrigation : le pédologue doit déconseiller certaines méthodes, conseiller certaines améliorations, insister sur les conséquences néfastes d'une mauvaise utilisation de l'eau.

- Travail du sol

- Fertilisation

Le tout doit tenter de comprendre et expliquer ce que pourra être l'évolution des sols si toutes les précautions sont prises ou au contraire si on omet de les prendre, et doit contribuer à l'étude et au choix des solutions qui seront proposées par l'avant-projet de mise en valeur. L'observation et l'analyse détaillée de quelques sols déjà irrigués est indispensable si l'irrigation existe déjà.

Cette troisième partie doit bien entendu être accompagnée de quelques cartes d'application qui permettent de mieux comprendre certaines données : salure et alcalisation, texture, croûtes calcaires, travaux d'aménagements, etc.... Une carte de classement des sols pour la mise en valeur doit également être établie, du même type que celle de l'étude de reconnaissance mais plus précise.

Enfin, il est important de bien souligner et définir tous les problèmes non résolus, qui nécessitent des expérimentations et des études plus détaillées ; l'idéal serait d'ailleurs de confier ces expérimentations au pédologue qui a réalisé l'étude.

III.- Etudes détaillées pour la mise en valeur

Une fois le choix définitif des terres à

irriguer à peu près réalisé, le début des travaux d'équipement secondaire (réseau de distribution et de drainage) et des travaux de mise en valeur doit encore être précédé par quelques études pédologiques qui sont menées au fur et à mesure des besoins.

1^o) Dans les secteurs où l'hétérogénéité des sols est importante, il est nécessaire de réaliser un "tri détaillé" des sols au 1/5000^e ou au 1/10.000^e. Ce tri doit se borner à cartographier d'une façon précise certaines données limitées, physiques ou chimiques (profondeur ; puissance des encroûtements, croûtes et dalles calcaires ; teneur en calcaire ; textures défavorables ; salure et alcalisation ; hydromorphie ; etc...) qui conditionnent les travaux d'aménagement, le remembrement, les lotissements. Les zones où ce tri est à effectuer, et les normes de ce tri, doivent d'ailleurs être précisées au cours de l'étude semi-détaillée.

2^o) Pour les besoins de la mise en valeur, et surtout pour pouvoir faire un contrôle sérieux de l'évolution des sols sous irrigation, une étude semi-détaillée au 1/50.000^e est parfois insuffisante. Bien des limites sont imprécises, bien des types de sols n'ont pu être séparés, certaines analyses assez complexes n'ont été réalisées qu'en petit nombre ou par des méthodes expédiées ; c'est le cas en particulier des éléments fertilisants (azote, phosphore, potassium, oligo-éléments), du complexe adsorbant, de la stabilité structurale, et de certaines données caractérisant les propriétés hydrodynamiques des sols : perméabilité, capacité de rétention,

densité apparente. Il est donc souvent nécessaire de réaliser une étude pédologique plus détaillée, généralement au 1/20.000^e, étude qui sera bien entendu encore plus orientée vers l'agronomie que l'étude semi-détaillée. Cette étude permettra par ailleurs de se pencher sur les problèmes qui n'ont pu être résolus au cours du stade semi-détaillée, et de mettre en route les expérimentations nécessaires.

Signalons que les études au 1/5000^e et au 1/20.000^e peuvent être menées conjointement.