

Connaissance et utilisation des ressources en sol au Maroc

MOHAMED BADRAOUI

1. Introduction	93
2. Sol : une ressource naturelle indispensable pour le développement durable	93
2.1. Cas général	93
2.2. Cas des pays méditerranéens	94
2.3. Cas du Maroc	95
3. Etat de connaissance sur les sols du Maroc	98
3.1. Avant l'indépendance	98
3.2. Après l'indépendance	99
3.2.1. Inventaire et cartographie des sols	99
3.2.2. Organismes intervenant	101
3.2.3. Les cadres opérationnels	102
4. Les efforts de formation et de recherche en Science du Sol	102
4.1. Les potentiels et les difficultés de la recherche marocaine en science du sol	102
4.2. Les principaux axes actuels de la recherche marocaine en science du sol	103
4.3. Recommandations	104
5. Les principales formes de dégradation des sols au Maroc	105
5.1. L'extension de l'urbanisation	105
5.2. L'érosion des sols.....	108
5.3. La dégradation des sols et des eaux sous irrigation	108
5.4. Désertification	109
6. Perspectives pour 2025	111

6.1. Besoin d'un programme National d'Interventaire et de Cartographie des Sols (PNICS)	111
6.2. Eléments d'une stratégie d'intégration de la connaissance des sols pour l'équilibre écologique, la durabilité des systèmes de production, la sécurité alimentaire et la lutte contre la désertification.....	111
6.3. Accord multipartite pour la prise de décision concernant le problème de l'urbanisation des terres agricoles	112
<i>Références</i>	112
<i>Annexes</i>	114

1. Introduction

Le sol est une ressource naturelle très peu renouvelable à l'échelle d'une génération humaine. C'est la partie meuble de la lithosphère qui constitue une composante majeure de la biosphère continentale. Cette couche superficielle, organisée et d'épaisseur variable, couvrant les substrats géologiques est essentielle pour la vie. La connaissance des ressources en sol d'un pays et de leurs aptitudes à différentes utilisations par les communautés humaines est un préalable pour l'aménagement du territoire et le développement durable.

Le sol est actuellement considéré comme une interface dans l'environnement et une ressource pour le développement (Robert, 1996).

Au Maroc, le sol est la ressource la moins connue par rapport aux autres ressources naturelles tels que l'eau, l'air, les mines et les forêts. Et pourtant, il est reconnu par les pouvoirs publics comme une composante principale de la planification de l'aménagement du territoire à travers l'utilisation rationnelle des terres.

Ce rapport fera le point sur l'état des connaissances des sols au Maroc depuis l'indépendance. Les efforts déployés par les pouvoirs publics en matière de développement des ressources humaines et de la recherche dans le domaine des sols seront présentés et analysés dans la perspective d'en déduire les insuffisances et de proposer les améliorations éventuelles. Les contraintes liées à l'utilisation rationnelle et durable des ressources en sol seront synthétisées avant de passer aux perspectives pour l'an 2025.

Le cadre général du développement durable plaçant le sol au centre des préoccupations à l'échelle globale est esquissé avant de passer au cas spécifique des sols méditerranéens et du Maroc

2. Sol : une ressource naturelle indispensable pour le développement durable

2.1. Cas général

Le sol est ce milieu naturel terrestre où naît la vie, aussi bien animale que végétale, et c'est également le milieu où se termine la vie. C'est une mince couche de « terre » d'épaisseur variable (quelques cm à quelques m), située entre le substrat rocheux et l'atmosphère. Ce matériau meuble et organisé se forme de manière très lente à partir des matériaux géologiques, sous l'action de l'air, de l'eau et de la vie. Les sols sont donc très divers, distribués en fonction des reliefs, des roches, des végétations, des climats... et, en plus, des activités humaines.

Naturellement, le sol est une ressource lentement renouvelable. Par contre, Il est très sensible aux activités humaines : il se transforme très vite, et en particulier se dégrade rapidement, dès que les sociétés humaines interviennent sans précautions.

Par rapport au monde, par rapport à la vie en général et, plus particulièrement, par rapport aux besoins et à la santé des sociétés humaines, le sol remplit un certain nombre de fonctions fondamentales (Ruellan, 2003) :

- **La fonction alimentaire.** Le sol nourrit le monde ; il produit, contient, accumule, tous les éléments nécessaires à la vie (azote, phosphore, calcium, potassium, fer, oligoéléments...) y compris l'air et l'eau. Le sol joue le rôle de réservoir, plus ou moins grand et plus ou moins rempli selon les cas. Les sociétés humaines, qui se nourrissent des plantes et des animaux, sont donc bien totalement dépendantes des sols (alimentation et santé). Cette fonction du sol, la plus apparente, est reconnue traditionnellement par les populations et les décideurs.
- **La fonction filtre.** Le sol est un milieu poreux, en permanence traversé par des flux hydriques et gazeux. De ce fait, le sol transforme, épure ou pollue, les eaux qui le traversent. Il régule le régime des cours d'eau et la recharge des nappes souterraines et en influence la composition chimique et biologique. Mais aussi, le sol influence la composition de l'atmosphère. En particulier, il stocke et relâche des gaz à effet de serre (séquestration du carbone).
- **La fonction biologique.** Le sol est un milieu vivant. C'est le lieu de vie et de passage obligé pour de nombreuses espèces animales et végétales. De nombreux cycles biologiques passent par le sol, incluent le sol, qui est donc partie prenante de nombreux écosystèmes. Le sol est une vaste réserve génétique : il abrite et influence une grande partie de la biodiversité terrestre. Par ailleurs, les activités biologiques sont essentielles à la construction des sols, à leur fonctionnement et à leur fertilité. On lui reconnaît le rôle d'habitat et de préservation de la biodiversité.
- **La fonction matériau et support.** Le sol fournit les matériaux que l'homme utilise pour construire et pour ses activités industrielles et artisanales. Il contient également des ressources minérales et supporte les habitats et les infrastructures liées aux activités des sociétés humaines.
- **La fonction mémoire.** Le sol conserve les traces de l'histoire, souvent très longue (plusieurs millions d'années), de sa formation : en étudiant les sols on peut découvrir quelles furent certaines des conditions climatiques et biologiques du passé. Mais aussi, le sol conserve les témoins de l'histoire de l'humanité.

Au même titre que l'air et l'eau, le sol est une ressource naturelle essentielle à la vie et non renouvelable à l'échelle d'une ou plusieurs générations humaines. Il n'y a pas de développement durable sans une bonne gestion des ressources en sol. Or, du fait des activités humaines et des mauvaises relations actuelles entre les sols et les sociétés humaines, les sols sont soumis à différentes formes de dégradation, le plus souvent irréversibles.

À ce titre, cinq groupes de constats sont souvent faits :

1. Dans le monde entier, les sols sont de plus en plus fortement, de plus en plus violemment, sollicités par les activités humaines tels que :
 - L'intensification de l'agriculture sur les sols déjà cultivés, avec la volonté d'augmenter de plus en plus artificiellement leur productivité ;
 - La mise en culture de nouvelles surfaces, dans de mauvaises conditions, sans tenir compte des potentialités et des fragilités des sols. La mise en culture des terres de parcours et des terrains en pente forte, sans mesures de protection, en sont des exemples ;
 - L'urbanisation et industrialisation, souvent sur de très bons sols ; développement des axes de transport (rail, route, aéroport...); le tout détruit les sols et imperméabilise les surfaces ;
 - L'épandage de déchets, agricoles, industriels, urbains, sur des surfaces de plus en plus grandes.

2. Le plus souvent, les différentes activités humaines se développent et se concurrencent, sans tenir compte de la diversité des sols, de leurs fonctions et de leurs aptitudes. Ces concurrences débouchent alors sur des conflits :
 - conflits d’usage, d’accès aux sols : par exemple, conflits dans la périphérie des grandes agglomérations (conflits entre agriculteurs, industriels, urbaniste, voies de circulation...);
 - conflits résultant de l’utilisation inadaptée des sols et conduisant à la dégradation des sols : les activités humaines, en se développant, influencent, transforment le milieu sol et font pression sur lui. Les sols sont modifiés, dans leurs propriétés, dans leurs potentiels, dans leurs fonctions, et, plus grave encore, ces modifications affectent aussi les autres milieux qui sont en relation avec les sols : l’eau, l’air, les animaux, les végétaux, les sociétés humaines.
3. En effet, partout dans le monde, les exemples de sols gravement modifiés, endommagés sont nombreux. En particulier, suite à l’utilisation agricole inadaptée, les formes de dégradation les plus apparentes sont :
 - des appauvrissements (biologiques, organiques, minéraux);
 - des destructions de structures et des tassements qui affectent les porosités;
 - de l’érosion, de la sédimentation, des glissements de terrain;
 - de la salinisation et de l’alcalinisation;
 - de l’acidification;
 - des pollutions (minérales, organiques, radioactives).

Au total :

- les fertilités des sols baissent;
- leurs fonctions fondamentales ne sont plus assurées;
- la vitesse de fabrication des sols se ralentit;
- les vitesses et les orientations des principaux processus de formation et de différenciation des sols sont modifiées (altération des roches, arrangement et mouvements des constituants...).

Et il y a aussi :

- la croissance des villes, des complexes industriels et touristiques;
- l’intensification des réseaux pour les transports;
- la construction de barrages hydroélectriques;
- le développement de l’exploitation de ressources minérales superficielles.

Tout ceci soustrait annuellement, sans espoir de retour, plusieurs dizaines de milliers d’hectares souvent très fertiles et dont les fonctions ne sont plus assurées.

Il faut, cependant, souligner que les sociétés humaines ont aussi su améliorer, voire construire les sols dont elles avaient besoin. On peut citer à titres d’exemples : la construction de terrasses dans les zones de montagne, le défoncement des croûtes calcaires et l’épierrage, les apports et transferts de grandes quantités de matières organiques et d’amendements chimiques.

- 4 En conséquence aussi, les autres milieux sont touchés. En effet, l’évolution anthropique des sols porte atteinte :
 - à la biodiversité qui se transforme et s’appauvrit;
 - au cycle de l’eau qui devient plus violent (crues, inondations, sédimentations aval) et qui se raccourcit (l’eau est moins disponible pour les besoins humains);

- à la qualité des eaux qui se polluent, chimiquement et biologiquement, localement et latéralement (l'eau est encore moins disponible pour les besoins humains);
- à la qualité de l'air qui se pollue et, en particulier, qui s'enrichit en gaz à effet de serre (gaz carbonique, méthane);
- à la fertilité des milieux par rapport aux activités humaines : beaucoup de milieux s'appauvrissent, voir même abandonnés (désertification); mais il y a aussi des milieux qui s'enrichissent grâce aux activités humaines;
- à la santé et au comportement des sociétés humaines, au travers de ce qu'elles mangent, boivent, respirent... et vivent au quotidien : il y a des relations entre l'évolution des systèmes de sols et celle des systèmes sociaux.

5. Les sols, malgré leur rareté, sont donc aujourd'hui utilisés de manière non renouvelable par nombre de sociétés humaines. La deuxième moitié du xx^e siècle fut particulièrement désastreuse : un peu partout, les développements agricoles, industriels et urbains sont très destructeurs des sols et de leurs fonctions. Par ailleurs, dans les régions pauvres, c'est souvent la misère qui contraint les populations à la surexploitation des sols et à la dégradation de leurs fonctions vitales.

La responsabilité de cette situation revient grandement aux choix économiques et techniques qui ne tiennent pas suffisamment compte des diversités naturelles des sols et des besoins des sociétés humaines.

Cependant, s'il y a peu de choses faites concrètement pour atténuer les dégradations des sols et pour améliorer la situation des sols déjà fortement dégradés, c'est en grande partie aussi par ignorance, dans toutes les sphères de la société, de ce qu'est le sol et pourquoi il est nécessaire d'en préserver les fonctions. Producteurs, techniciens, administrateurs et politiques participent à cette ignorance qui prend ses racines dans l'absence de toute découverte des sols dans les systèmes éducationnels depuis l'école primaire jusqu'à l'université.

Le sol fait peu partie des cultures populaires : il est peu ou mal connu. De ce fait, la gestion durable des sols ne fait que peu partie des préoccupations prioritaires de la population, des responsables politiques, administratifs et techniques et des propriétaires des terres. Il faut en particulier souligner le faible niveau de connaissances dans le domaine des sols de la plupart des agronomes et de la plupart des environnementalistes : beaucoup d'ingénieurs raisonnent l'agriculture et l'aménagement du territoire en donnant la priorité aux techniques et aux conditions économiques et en oubliant les diversités concernant les milieux naturels et les sociétés humaines.

Tout cela pose, en définitive, la question des priorités de la connaissance et de l'éducation concernant les sols : quelles recherches et quels enseignements faut-il développer dans le but de mieux gérer, durablement, les ressources en sol?

2.2. Cas des pays méditerranéens

Les sols des régions méditerranéennes sont originaux et le Maroc en est un exemple parfait. Du fait de l'aridité estivale des régions méditerranéennes et du fait d'une forte présence de roches calcaires et calciques, la majorité des sols y sont dominés par la présence du calcium voire du calcaire. Par ailleurs, les sols sont souvent argileux et naturellement riches en matières organiques et en calcium, donc bien structurés et bien drainés. Les sols appauvris en argile (dit lessivés) y sont nettement plus rares que dans les régions tempérées et tropicales.

Les principaux handicaps des sols méditerranéens sont liés aux excès de calcaire (croûtes calcaires des

régions semi-arides et arides) et aux excès localisés de sels solubles (régions arides et désertiques et périmètres irrigués avec des eaux chargées en sels). Cependant, vu sous l'angle écologique et agricole, on peut dire que la majorité des sols des régions méditerranéennes sont parmi les plus riches du monde. C'est le lieu de formation et de préservation des argiles gonflantes qui règlent la fertilité physique et chimique des sols.

Le principal obstacle à la valorisation agricole de cette richesse « sol » est le manque d'eau. Les tendances des 40 dernières années montrent une réduction moyenne des précipitations de l'ordre de 50 à 200 mm en fonction des stations. Cependant, du fait de l'ancienneté de l'occupation humaine qui, souvent, n'a pas su les gérer, les ressources en sol du monde méditerranéen sont le plus souvent fortement dégradées : appauvrissements organiques et minéraux, déstructurations, érosion hydrique et éolienne, salinisation...et plus récemment pollution et urbanisation de sols agricoles de grande qualité. La désertification est un fléau dont les causes sont certainement en partie climatiques, mais l'action humaine accélère fortement le processus de dégradation des terres (Badraoui, 2004).

Mais c'est aussi dans le monde méditerranéen que l'on trouve quelques uns des plus beaux exemples de gestion durable intensive des ressources en sols et en eau (aménagement des pentes dans les zones de montagne, gestion des oasis et des khetaras au Sud des Atlas... etc).

Dans le monde méditerranéen, **le Maroc est probablement le pays de la plus grande diversité** : en particulier, tous les types de sols méditerranéens, tous les types de « pédopaysages » méditerranéens, y sont présents. Ce fait est la conséquence de la grande diversité des facteurs de pédogenèse (roches, reliefs, climats, couverts végétaux, temps d'évolution et occupations humaines (Badraoui et Stitou, 2002; Badraoui et al., 2002; Ruellan, 2003). En effet, le Maroc est riche de ses sols et de leur diversité; il est riche de la diversité des occupations humaines qui, traditionnellement, ont eu des impacts aussi bien positifs que négatifs sur la qualité des sols. Ceci veut dire aussi que, pour la recherche scientifique concernant les sols méditerranéens et leur utilisation, le Maroc est un « laboratoire » idéal. C'est au Maroc en particulier, et dans les pays de l'Afrique du Nord en général, que les grands naturalistes (pédologues, géologues, géomorphologues, écologistes,...etc) européens ont été formés.

C'est dans les pays du Sud de la Méditerranée que les ressources en sol sont les plus menacées de dégradations suite à leur surexploitation et à la réduction de la couverture forestière. C'est encore là où le dilemme développement et protection de l'environnement prend sa vraie dimension.

2.3. Cas du Maroc

Pour mieux utiliser les sols dans le contexte du développement durable, il faut les connaître. Connaissons nous les sols au Maroc ?

Même si les travaux d'inventaire et de cartographie des sols au Maroc ne couvrent qu'environ 30 % du territoire (MADRPM, 1993; MADRPM, 1996; Badraoui et Stitou, 2002), l'essentiel de ce que sont les sols du Maroc est connu : ce qu'ils sont, les principales règles de leur répartition régionale, comment ils fonctionnent, leurs principales qualités et défauts et les agressions qu'ils subissent du fait de l'intensification de l'occupation humaine.

Il reste, cependant, beaucoup à faire :

- On ne connaît, avec un certain détail, que 30 % des couvertures pédologiques du Maroc (cartographie des sols). Un effort d'inventaire et de cartographie des sols est un préalable pour l'aménagement du territoire et la planification de l'utilisation des terres.

- Malgré les recherches, les études, les campagnes d'information et de vulgarisation, les problèmes de mise en valeur s'accumulent et s'amplifient :
 - dégradation des sols irrigués qui constituent l'une des grandes richesses du Maroc (1 million d'ha) : baisse de la teneur en matière organique, déstructuration de la structure, baisse de fertilité chimique, salinisation des sols et des eaux, pollutions des sols et des eaux. En général, il y a une baisse progressive de la productivité agricole ;
 - dégradation des sols non irrigués (bour) qui couvrent l'essentiel de la SAU du pays (environ 7.7 millions d'ha) : baisse des fertilités organiques et chimiques, développement de l'érosion hydrique et éolienne, réduction de la capacité de rétention d'eau et de la réserve utile en eau des sols (aridification des régimes hydriques) ;
- Dans les périphéries urbaines, développement anarchique des occupations urbaines et industrielles sur de bons sols agricoles.

Les trois principales urgences en vue d'une meilleure connaissance des sols du Maroc ont été listées par Ruellan (2003). Il s'agit de :

- La connaissance morphologique et géochimique des couvertures pédologiques de l'ensemble du Maroc : inventaire et cartographie des systèmes pédologiques et de leur fonctionnement. C'est la base pour toute politique, locale, régionale, nationale, de bonne gestion des ressources en sol et de ce qui est associé aux sols (les eaux, les couverts végétaux, les sociétés humaines).
- La connaissance approfondie des dynamiques physiques, chimiques, biologiques, minéralogiques des divers types de sols du Maroc. C'est la base d'une bonne évaluation et d'une bonne gestion de la fertilité des sols et des phénomènes de pollution des sols et des eaux.
- La connaissance de l'évolution des sols (et des eaux) en fonction des occupations humaines : en milieu « bour », en milieu irrigué, en milieu périurbain et urbain. Mais aussi, la connaissance des conséquences des dégradations et des pollutions des sols (et des eaux) sur les développements humains.

En fait, il s'agit de chercher à mieux comprendre les interrelations entre les systèmes pédologiques et les systèmes sociaux pour mieux les gérer. La durabilité des systèmes de production passe nécessairement par la durabilité des ressources en sol et en eau (Badraoui et al., 2000).

3. État de connaissance sur les sols du Maroc

Les travaux de pédologie au Maroc ont passé par plusieurs étapes tant sur le plan envergure que sur leur pertinence. Sans avoir un programme national d'inventaire des sols au Maroc, les connaissances actuelles sont le fruit d'une longue accumulation du savoir sur les milieux écologiques marocains. Cette partie présentera succinctement l'évolution de l'acquisition des connaissances depuis la fin du dix-neuvième siècle.

3.1. Avant l'indépendance

Depuis la fin du XIX^e siècle et jusqu'à la 4^{ème} décennie du siècle dernier, les observations pédologiques au Maroc étaient l'œuvre de pédologues, de forestiers ou de géographes étrangers. Des prospections étaient réalisées à l'occasion des excursions scientifiques. Il a fallu attendre les années cinquante pour voir se déve-

opper les toutes premières études pédologiques proprement dites. Celles-ci avaient été entreprises dans le cadre des études monographiques d'avant-projets pour les aménagements hydroagricoles. Le protectorat français au Maroc s'était attaché à mobiliser la maximum d'eau dans des barrages en vue de l'irrigation des terres dans les zones jugées potentiellement prioritaires tels que les Béni Amir et les Béni Moussa (au Tadla), Sidi Slimane (au Gharb), les Triffas (à la Moulouya), la plaine du Souss, le plateau de Fes-Meknes et dans le Haouz de Marrakech (Prefol, 1986). D'autres études à petites et à moyennes échelles ont également été publiés sur les Doukkala (Feodoroff, 1955).

La première étude sur l'évaluation de la fertilité des sols du Maroc a été réalisée par Ch. Thomann (1952). Beaucoup d'autres travaux préliminaires sur les comportements physiques et chimiques des sols ont été réalisés par George Bryssine qui peut, sans aucun doute, être considéré le père de la pédologie Marocaine.

3.2. Après l'indépendance

3.2.1. Inventaire et cartographie des sol

Après l'indépendance, les grands travaux de pédologie ont été réalisés dans le cadre des aménagements des grands périmètres hydro-agricoles, d'aménagement des forêts, de développement rural et sylvo-pastoraux. Il s'agit des chantiers déjà entamés durant les années 50. Les travaux du projet Sebou dans le Gharb et le Saiss, ceux de la Maamora, du Tadla et du Moyen Atlas, publiés en 1966 dans le livret guide de la tournée organisée à l'occasion de la tenue du congrès de la pédologie Méditerranéenne (INRA, 1967), sont des exemples éloquentes à ce titre.

La politique du développement agricole sous irrigation lancée par S.M. Le Roi Hassan II en 1967 avait suscité la réalisation des travaux de cartographie détaillée ($> 1/20.000^{\circ}$) des sols pour la mise en valeur intensive. Plus de 2.5 millions d'ha ont ainsi été cartographiés dans les périmètres de grande hydraulique (zone des ORMVA) et dans les périmètres de petite et moyenne hydraulique (PMH) un peu partout au Maroc (MADRPM, 1993).

L'avènement des grands projets intégrés de mise en valeur en Bour des années 80 a été l'occasion de combler le déficit en étude de sol dans les zones d'agriculture pluviale. En effet, le Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire avait lancé en 1982 un programme d'études pédologiques de reconnaissance aux échelles 1/50.000 et 1/100.000 couvrant plusieurs régions du pays. Ainsi, une superficie d'environ 6.12 millions d'ha a été cartographiée.

Un inventaire des études pédologique réalisées au Maroc a été réalisé par le MADRPM en 1993. Il en ressort que la superficie totale cartographiée demeure faible par rapport à la superficie du Maroc. **Ne nous connaissons jusqu'alors qu'environ 20 millions d'ha toutes échelles confondues, soit 28 % du territoire.**

Ce retard constaté en matière de reconnaissance des sols au Maroc avait suggéré à certaines institutions d'enseignement et de recherche de tester de nouvelles technologies d'inventaire et de cartographie des ressources en sol telle que la télédétection spatiale. Ainsi, et à titre d'exemple, les travaux de l'IAV Hassan II (Merzouk et al., 1990) avaient montré que si les dates d'acquisition des images sont bien choisies et s'il existe une relation étroite entre l'état de surface des sols et le type de sol, il est possible d'élaborer des cartes des ressources en sol à l'échelle de reconnaissance ($< 1/50\ 000^{\circ}$) dans les zones non boisées.

L'apport de la télédétection et des SIG à la cartographie des sols se traduit essentiellement par des gains de temps et de moyens. Cependant, le travail de prospection sur le terrain n'est pas éliminé, mais mieux planifié et peu même être réduit.

L'étude d'inventaire des études pédologiques de 1993 avait mis le doigt sur le problème d'archivage des études. En effet, une partie des rapports et cartes répertoriés n'ont pas pu être retrouvés. D'où la nécessité de mise en place d'un système d'archivage numérique sous SIG. Cette option exige des changements importants dans les CPS des études. Jusqu'à présent, cet objectif n'est que partiellement réalisé malgré l'effort constaté au niveau de l'équipement des administrations en SIG.

Plusieurs programmes et projets de développement agricole et rural avaient souffert du manque de données sol. C'est le cas, par exemples, du programme d'élaboration des cartes de vocation agricole des terres au Maroc qui est mis en œuvre par l'INRA, du plan national d'aménagement des bassins versants en cours de réalisation par le HCEFLCD, le programme de développement rural intégré des périmètre de mise en valeur en bour (PMVB) piloté par le MADRPM et le programme de cartographie des sols autour des agglomérations en vue de l'orientation de l'urbanisation.

Du point de vue géographique, l'essentiel des études réalisées intéressent la partie Nord-ouest du pays. Les provinces de l'Est et du Sud ne sont que très partiellement prospectées. **Les études de cartographie des sols réalisées entre 1993 et 2003 sont estimées à environ 2 millions d'ha, ce qui porte la superficie totale prospectée à 22 millions d'ha, soit 31 % du territoire national.**

Pour la valorisation des études pédologiques existantes le Maroc participe à deux initiatives régionales :

- L'élaboration de la base de données Euro-Méditerranéenne, géo-référencée à l'échelle du 1/1000 000^e des sols autour de la Méditerranée. L'équipe marocaine coordonne les travaux des pays de l'Afrique du Nord en collaboration avec le Bureau Européen des sols à Ispra en Italie et l'INRA d'Orléans en France. Un atelier de travail a été tenu en juin 2001 à Rabat.
- L'élaboration de la base de données SOTER (SOI et TERRain) pour les pays de l'UMA en collaboration avec la FAO. Le Maroc a déjà réalisé sa carte SOTER au 1/5000 000^e en collaboration entre le MADR et l'Association Marocaine des Science du Sol (AMSSOL) (Carte 1 en annexe 1).

Les deux cartes susmentionnées n'ont pas d'intérêt pratique pour le développement agricole au niveau opérationnel. Cependant, elles ont permis de mettre en ordre les connaissances et de mettre le Maroc en position de négocier avec les pays de la région sur des questions plus globales tels que les changements climatiques et la lutte contre la désertification. À ce titre, la base de données SOTER du Maroc a été utilisée pour l'élaboration de la carte de sensibilité à la désertification des pays de l'UMA plus l'Égypte en collaboration avec l'Observatoire du Sahara et du sahel (Carte 2 en annexe 2).

Encadré 1

Les sols du Maroc : diversité, processus et contraintes			
1. Principales classes de sol			
Classification française)	Soil Taxonomy américaine	Légende FAO	
Sols minéraux bruts	Entisols	Fluvisols, Regosols, lithosols	
Sols peu évolués d'érosion	Entisols, Aridisols	Regosols, Lithosols, Rankers, Yermosols	
Sols peu évolués d'apport	Inceptisols, Mollisols, Aridisols	Fluvisols, Rankers, Greyzems	
Sols calcimagnésiques	Inceptisols, Mollisols, Aridisols	Rendzinas, Yermosols, Xerosols	
Sols Isohumiques	Inceptisols, Mollisols	Xerosols, Kastanozems, Chernozems, Phaezems	
Vertisols	Vertisols	Vertisols	
Fersiallitiques	Alfisol	Luvisols, Acrisols	
Sols brunifiés	Inceptisols, Alfisol	Cambisols, Luvisols	
Andosols	Inceptisols	Andisols	
Sols sodiques	Soils avec saline phase	Solonchaks, Solonetz	
Sols hydromorphes	Soils avec aquic moisture regime	Gleysols, Planosols	
2. Principaux processus :			
Décarbonatation	Vertisolisation	Rubéfaction	Erosion
Brunification	Salinisation	Hydromorphie	
3. Principales formes de dégradation			
Érosion hydrique	Érosion éolienne	Salinisation secondaire	
Perte de matière organique	Alcalinisation	Urbanisation	
Encroûtement	Drainage	Compaction	

3.2.2. Organismes intervenant

Après l'indépendance, les études de reconnaissance des sols ont été assurées par l'Office National d'Irrigation (ONI), la Direction de la Mise en valeur Agricole (DMVA) dont la suite a été reprise par la Direction de l'Équipement Rural (DER) et la Direction de Production Végétale (DPV).

Parallèlement, l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) avait réalisé des études pédologiques de reconnaissance à petite et moyenne échelles dans certaines régions du Maroc tels que Le Souss-Massa, Les Zaer, le Tangérois et le Moyen Atlas. De même, l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, avait réalisé des études pédologiques à petite échelle (Chaouia) et à grande échelle avec un objectif essentiellement de formation et de recherche. Il faut également citer la station de recherche forestière qui disposait de pédologues (LePoutre et Sauvageot en particulier) et qui avait réalisé des études thématiques sur la régénération du chêne liège dans la Maamora et du cèdre dans le Moyen Atlas.

Cependant, malgré l'implication des instituts de recherche et d'enseignement, l'essentiel des travaux de cartographie des sols ont été réalisés par des bureaux d'études. C'est là une spécificité du Maroc par rapport aux autres pays Maghrébins où même méditerranéens dont les études sont réalisées par les services spécialisés de l'administration ou de la recherche.

3.2.3. Les cadres opérationnels

La gestion durable des ressources en sol exige la présence de spécialistes dans les services extérieurs de développement rural. La situation actuelle montre que les ORMVA sont relativement bien dotés de cadres pédologues par rapport aux DPA, DREF et SPEF. En effet, il y a au moins un spécialiste de science du sol par ORMVA (20 cadres dans les ORMVA), par contre DPA disposant d'un pédologue sont rares (10 cadres seulement). Il y a lieu de constater que les ingénieurs pédologues sont concentrés dans les services centraux où ils font des activités administratives (suivi des projets) ayant peu de contact avec le terrain, au moment où les services extérieurs souffrent d'un manque terrible de cadres.

Dans les services ne relevant pas du MADRPM et du HCEFLCD, il est rare de trouver des ingénieurs pédologues. Le Maroc n'avait jamais formé de cadre moyens spécialisés en sciences du sol (techniciens) comme c'est le cas pour les autres disciplines. Cet handicap se fait sentir sur le terrain lorsqu'il s'agit d'encadrer les agriculteurs et diffuser l'information technique. Les quelques prospecteurs, spécialisés en cartographie des sols se sont formés sur le tas et prennent tous de l'âge.

Certains bureaux d'études dispose de pédologues qui s'occupent entre autres des activités environnementales.

4. Les efforts de formation et de recherche en Science du Sol

Les informations concernant ce volet sont issues de documents préparés lors des assises de la recherche agricole au Maroc (MARDPM, 2000), des actes de la journée-débat organisée par l'AMSSOL en septembre 1993 et de l'évaluation du système national de recherche scientifique (Ruellan, 2003).

4.1. Les potentiels et les difficultés de la recherche marocaine en science du sol

Les institutions de formations et de recherche ont toujours eu une mission tripartite : enseignement, recherche et développement. L'objectif est de former des ingénieurs agronomes spécialisés en sciences du sol (pédologue) capables de résoudre des problèmes du développement agricole. Il n'a jamais été question de former spécifiquement des chercheurs ou des enseignant-chercheurs.

Depuis les années 70, le Maroc a progressivement formé et recruté un nombre significatif d'enseignants-chercheurs et de chercheurs en science du sol. Le nombre de chercheurs en science du sol, sensu stricto, s'élève à 60 dans les écoles et instituts relevant du MADRPM et du HCEFLCD. En plus, le nombre d'enseignant-chercheurs travaillant sur des aspects liés à l'aménagement des sols dans les universités est estimé à 30. Le nombre total de 90 demeure faible lorsqu'on le met en rapport avec la superficie du pays (1 chercheur par 789 000 ha) ou avec la SAU et les problématiques de recherche. En effet, le ratio est de 1 chercheur pour 97 000 ha de SAU.

La plupart des chercheurs sont de bon niveau scientifique, et un certain nombre d'entre eux sont reconnus internationalement.

Cependant, les autorités n'ayant jamais défini d'objectifs prioritaires à la recherche en science du sol, la formation des chercheurs s'est faite en ordre dispersé, beaucoup en fonction des bourses doctorales offertes par la coopération internationale. Il en résulte aujourd'hui une grande dispersion de l'activité de recherche, chacun cherchant à poursuivre, pour lui-même et pour ses étudiants, les thématiques auxquelles il a été formé : l'équipe de recherche est rare (bien que souhaitée).

Par ailleurs, après des années fastes, les recrutements d'enseignants-chercheurs spécialistes en sciences du sol ont été arrêtés : depuis une quinzaine d'années dans les établissements agronomiques et forestiers, plus récemment dans les Universités ; cela pose un grave problème de continuité des dynamiques scientifiques et de la relève dans les années à venir.

Bien que la recherche, et la formation à la recherche, soient clairement dans les missions des enseignants-chercheurs, un budget recherche n'est que très rarement identifié au sein des Écoles Agronomiques et des Universités. Les enseignants chercheurs qui souhaitent poursuivre une activité de recherche (et c'est la majorité d'entre eux) doivent donc rechercher des financements contractuels : auprès des sociétés privées (agricoles et industrielles), auprès des services de développement du des ministères (ORMVA, DPA, DREF,.. etc... mais aussi auprès de la coopération internationale. Il en résulte une programmation scientifique aléatoire et dispersée essentiellement pilotée par la demande des utilisateurs. Ce fait n'est en soit pas un mal, à condition que ce pilotage par l'aval s'inscrive dans une programmation scientifique bien identifiée et à condition aussi que les enseignants-chercheurs puissent prendre le temps de la valorisation scientifique de leurs travaux contractuels.

Des recherches complémentaires plus fondamentales, à partir des résultats obtenus dans le cadre des études contractuelles, ont pu conduire à des publications scientifiques de haut niveau dans des revues internationales.

Toutes les équipes de recherche disposent de moyens de laboratoire. Cependant, ces moyens sont en général plutôt modestes, avec de nombreuses difficultés de fonctionnement, d'entretien, de renouvellement. L'accès à une documentation scientifique régulière pose également de sérieux problèmes à beaucoup de chercheurs. Ces handicaps poussent les universitaires et les chercheurs à partir vers des laboratoires étrangers pour réaliser une partie des travaux et pour se remettre à jour au niveau des connaissances.

Enfin, toutes les équipes se plaignent des **lourdeurs administratives et budgétaires**, incompatibles, en particulier, avec la nécessaire recherche sur le terrain qui exige, bien au contraire, beaucoup de souplesse et de disponibilité : les faibles moyens de fonctionnement dont peuvent disposer les enseignants-chercheurs et les chercheurs sont rendus partiellement indisponibles par la lourdeur des lignes budgétaires multiples et par les nombreux contrôles a priori.

Il y a un potentiel humain important, compétent, reconnu, volontariste et dynamique. Ce potentiel est cependant, insuffisamment organisé, appuyé, évalué pour qu'il puisse mieux valoriser scientifiquement son travail pédagogique et ses études finalisées. Il y a en particulier urgence à ce que ce potentiel humain soit utilisé pour former les équipes du futur.

4.2. Les principaux axes actuels de la recherche marocaine en science du sol

Eu égard aux urgences des connaissances à acquérir concernant les sols du Maroc, les constats sont les suivants :

La connaissance morphologique et géochimique des couvertures pédologiques n'avance pratiquement pas. Le programme national de cartographie des sols est en veilleuse. Les études de découverte des systèmes pédologiques sont rares. Un effort est cependant fait, dans le cadre de collaborations internationales, pour valoriser les données existantes (participation à des banques de données et à des cartes de synthèse). Par ailleurs quelques recherches méthodologiques sont en cours (SIG, télédétection...).

Les recherches sur la modélisation de l'érosion hydrique et éolienne se sont développées en utilisant des nouvelles technologies de SIG et de télédétection. Cependant, l'évaluation scientifique de l'impact des techniques de conservation des sols et des eaux dans les bassins versants demeure très timide.

Les recherches finalisées qui touchent à l'utilisation agricole des sols se sont beaucoup développées :

- fertilité et fertilisation, chimique et biologique, des sols, en agriculture pluviale (bour) et en milieu irrigué, en fonction des divers types de climats et de sols ;

- travail du sol (en milieu bour) pour lutter contre les dégradations organiques et structurales et contre l'érosion ; l'un des buts étant aussi une meilleure gestion de l'eau des sols pour lutter contre l'aridité ;
- suivi de l'évolution des sols irrigués, dans le but de lutter contre les dégradations structurales, physico-chimiques, biologiques et ainsi de mieux valoriser les potentialités des sols irrigués. Une attention particulière est apportée aux phénomènes de salinisation et alcalinisation des sols et des eaux ;
- cartographie des vocations agricoles des terres (principalement céréalières) en fonction des sols, des climats, des occupations humaines (programme d'élaboration des cartes d'aptitude des terres).

Cependant, les recherches plus fondamentales nécessaires à ces recherches finalisées, concernant par exemple les dynamiques physiques, chimiques, biologiques des divers types de sols agricoles du Maroc, sont insuffisamment développées.

Les recherches finalisées concernant les pollutions des sols et des eaux en fonction de l'intensification de l'agriculture, de l'industrie, de l'urbanisation, se développent également :

- pollutions nitrique ;
- mais aussi utilisation raisonnée, en agriculture, des eaux usées et des déchets.

En résumé :

- la recherche marocaine est très axée sur l'utilisation des sols, ce qui est en soi une bonne chose ;
- elle ne l'est cependant pas assez sur les connaissances des sols et de leur fonctionnement, connaissances pourtant indispensables à leur bonne utilisation. L'appauvrissement scientifique de la recherche finalisée est, de ce fait, prévisible ;
- cette situation est la conséquence des conditions de travail obligeant les chercheurs au pilotage principal par la demande des utilisateurs, le cadre de programmation scientifique et d'appui financier pour la recherche étant insuffisant.

4.3. Recommandations

i. Pour les recherches devant être développées

Relancer les études détaillées concernant ce que sont les sols et leurs fonctionnements, en donnant la priorité d'une part aux systèmes pédologiques les moins connus, d'autre part à ceux qui sont les plus utilisés par les sociétés humaines. Le choix des systèmes pédologiques prioritaires doit être débattu, conjointement, par les scientifiques et par les utilisateurs, en cohérence avec les choix de développement du pays.

Reprendre, à petite échelle, l'inventaire cartographique des sols de l'ensemble du Maroc. Pour cela, la recherche méthodologique doit être approfondie, dans le but d'élaborer des cartes aussi représentatives que possible de la réalité.

Poursuivre et approfondir les travaux concernant tout ce qui touche à la gestion durable des sols par les sociétés humaines : fertilités et fertilisations, relations sols-eaux, évolution des sols irrigués, gestion des déchets et résidus de récolte et érosion-conservation des sols. Il s'agit, à la fois, d'amplifier les nombreuses études déjà en cours, mais aussi de prendre le temps de leur donner plus de bases et de rendus scientifiques.

ii. Pour améliorer l'organisation et les moyens de la recherche

Identifier un Programme National de Recherche en Science du Sol, doté d'un budget significatif. Ce programme, scientifiquement structuré, devrait donner la priorité à l'acquisition des connaissances fondamentales nécessaires à la gestion durable des sols du Maroc.

Inciter à la création, au Maroc, d'équipes et de réseaux thématiques de recherche en science du sol, mais aussi d'équipes interdisciplinaires et internationales plus larges. Dans le cadre du Programme National de Recherche en Science du Sol, la priorité devrait être donnée aux équipes et aux réseaux pour le financement de leurs travaux de recherche.

Inciter les équipes scientifiques à ne pas se laisser trop disperser par la multiplication des contrats. Il est souhaitable que le nécessaire pilotage partiel par la demande des utilisateurs (publics et privés) soit mieux cadré par une programmation scientifique clairement identifiée et affichée.

Instituer un système d'évaluation des travaux scientifiques, des enseignants-chercheurs et des équipes. Il conviendrait que ce système valorise efficacement, en termes de carrière (et de budget pour les équipes), les efforts de ceux qui contribuent à la recherche (et qui ne se satisfont pas seulement du bénéfice personnel de consultances).

Prendre, de toute urgence, le recrutement et la formation de jeunes chercheurs et enseignants-chercheurs. Il en va de la continuité et du développement des équipes de recherches et de leurs programmes. Mettre à profit cette reprise du recrutement pour faire des choix scientifiques thématiques clairs, en cohérence avec les priorités nationales du Maroc.

Développer les moyens de travail, sur le terrain, dans les laboratoires, dans les bibliothèques. Il faut relancer la curiosité, la recherche bibliographique autonome, et la participation au mouvement international de la recherche au plus haut niveau.

Instituer plus de souplesse administrative et budgétaire, indispensable au bon déroulement des activités de la recherche scientifique.

5. Les principales formes de dégradation des sols au Maroc

5.1. L'extension de l'urbanisation

Au Maroc, les terres agricoles sont menacées par l'urbanisation (bétonisation). C'est l'une des formes de perte totale des sols de bonne qualité pour la production agricole. L'orientation de l'urbanisation aux alentours des villes, fait partie intégrante de la planification de l'utilisation des terres qui est un des principes de l'aménagement du territoire.

L'aménagement du territoire consiste en l'évaluation systématique du potentiel qu'offrent les terres et les eaux, des possibilités d'utilisation des terres et des conditions économiques et sociales afin de sélectionner et d'adopter les modes d'utilisation des terres les mieux appropriés (FAO, 1993). L'aménagement harmonieux et durable du territoire repose sur les principes de i) l'efficacité (productive et économiquement viable), ii) l'acceptabilité et l'équité (utilisations socialement acceptables telles que la sécurité alimentaire, l'emploi et la sécurité des revenus) et iii) la durabilité (satisfaire les besoins de la génération actuelle tout en conservant les ressources dans l'intérêt des générations futures). Il s'agit de combiner la production et la conservation.

Le processus de planification de l'utilisation des terres se fait en 10 étapes (tableau 1).

Tableau 1 : Processus de planification de l'utilisation des terres

N°	Consistance de l'étape
1	Définition des objectifs et du champ d'application
2	Organisation des travaux
3	Analyse des problèmes
4	Identification des possibilités de changement
5	Évaluation de l'aptitude des terres
6	Évaluation des options
7	Choix de la meilleure option
8	Préparation du plan d'utilisation des terres
9	Exécution du plan
10	Suivi et révision

Le sol est une composante de la terre qui devrait être affectée à la meilleure utilisation possible dans les conditions économiques, sociales et culturelles d'un territoire donné. C'est dans ce cadre que les pouvoirs publics avaient délimité des zones favorables à la mise en valeur agricole intensive sous irrigation au Maroc. D'autres terres de moindre qualité (manque d'eau ou d'autres contraintes physiques ou chimiques) avaient été réservées à l'agriculture pluviale, à la foresterie ou au développement de l'élevage extensif. L'existence des études de sol est une condition nécessaire pour la planification des terres.

Ayant connu une forte croissance démographique durant la fin du 20^e siècle, la structure spatiale et l'armature urbaine du Maroc se sont profondément transformées. Plusieurs villes nouvelles sont apparues et beaucoup de villages ruraux se sont transformés en véritables villes. Cependant, cette urbanisation galopante se fait de manière anarchique. Malheureusement, l'extension des villes se fait au dépend des terres de bonne qualité pour l'agriculture. Selon des données du MADRPM, sur 63 projets d'extension urbaine autour de différents centres urbains qui avaient prévu 65 518 ha, 36 264 ha de terres agricoles (dont une bonne partie est équipée pour l'irrigation dans les zones d'action des ORMVA du Tadla, de la Moulouya et du Gharb) et de forêts ont été incluses comme espace urbanisable. 45 % (16 567 ha) de la superficie incluse a été effectivement retenue pour l'urbanisation.

La superficie annuellement grignotée par les différentes formes d'urbanisation est estimée à 4 000 ha (MADRPM, 2004). Les opérations immobilières représentent 45,75 %, les opérations industrielles et les équipements 25 % et les opérations touristiques 12,5 % de la consommation totale des terres agricoles.

À titre d'exemple, une étude récente réalisée dans la plaine du Tadla (ORMVAT, 2004) a révélé des chiffres alarmants de consommation des terres irriguées et équipées à haut potentiel de production. Ainsi, le bâti dispersé est passé de 932 ha en 1986 à 2 284 ha en 2004, soit une extension moyenne de 79,5 ha/an. Parallèlement, les agglomérations et villes du périmètre ont occupé en 2003 une superficie de 6 750 ha, soit une extension moyenne annuelle de 83,5 ha/an (encadré 2).

La situation dans le Périmètre irrigué du Tadla n'est pas unique. Des cas similaires existent également dans la Moulouya et le Gharb. C'est également le cas autour des principales villes du Maroc.

Malgré l'implication du MADRPM dans l'évaluation des documents de l'urbanisme en veillant à l'application de la loi 12-90 sur l'urbanisme pour préserver les terres agricoles, les terres plantées et les forêts, le poids de son avis ne pèse pas fortement sur la prise de décision. Il y a besoin urgent d'un accord qui précise

les responsabilités entre les départements concernés clés (Ministère de l'Intérieur, Ministère de l'Urbanisme et le MADRPM).

Encadré 2

Consommation des terres agricoles par l'urbanisation dans le périmètre irrigué du Tadla (ORMVAT, 2004)

Problématique

Malgré les lois et les réglementations en vigueur au Maroc (loi 12-90 relative à l'urbanisme) l'urbanisation ne cesse de s'étendre aux dépens des terres agricoles. La durabilité de l'agriculture périurbaine est remise en question. Les pertes économiques en terme de productivité et en valeur foncière sont importantes.

Forte densité urbaine : 243 hab/km² dans le Périmètre irrigué contre 50 hab/km² dans le reste de la province de Béni Mellal.

Objectifs

- Établissement de la situation actuelle de l'habitat groupé et dispersé dans la zone du périmètre irrigué du Tadla.
- Évaluation de l'ampleur de l'extension des agglomérations urbaines sur les terres agricoles, par rapport à la situation de 1986.

Méthodologie

Utilisation des images satellitaires de haute résolution SPOT, 2,5 m, du 23/06/2003, photo-interprétation et SIG.

Résultats

- La superficie du bâti à l'intérieur du périmètre en 2003 est évaluée à 6 750 ha, répartie comme suit : Bâti dispersé : 2 283 ha et Bâti groupé : 4 467 ha.
- L'extension de l'habitat sur les terres agricoles du périmètre depuis 1986 est estimée à 2 772 ha, répartie comme suit : 1986 : 3 970 ha et 2003 : 6 750 ha, soit un taux d'accroissement de 163 ha/an.
- Perte en superficie équipée et aménagée évaluée à 16 millions de dh/an

Les cartes d'orientation de l'urbanisation préparées par le MADRPM ne sont considérées qu'à titre indicatif. En plus, le programme d'élaboration de ces cartes souffre de moyens financiers insuffisants.

Si rien n'est fait et si le taux moyen de consommation des terres agricoles par l'urbanisation se maintient à 3 500 ha/an, l'étendue des terres consommées arrivera à 70 000 ha à l'horizon 2025, soit 0,8 % de la SAU. Cette réduction des terres agricoles pourrait présenter un enjeu alimentaire pour le pays, sachant que la population nationale serait de 37 831 000 hab en 2020 (projection établie par le SNAT), soit 0,23 ha SAU/personne alors qu'actuellement on l'estime à 0,34 ha SAU/personne (une diminution de 32 %).

Cette diminution représente une perte économique et financière pour le Maroc. Selon le scénario tendanciel, la perte est évaluée à 1 750 millions de dh pour la valeur de la production endommagée et 2 240 millions de dh pour la valeur des équipements endommagés (MADRPM, 2004).

L'urbanisation des terres agricoles au Maroc est un problème sérieux qui mérite une attention particulière de la part des pouvoirs publics. La spéculation foncière est un handicap majeur du développement durable et de la sécurité alimentaire de notre pays.

5.2. L'érosion des sols

Principales formes de dégradation des sols au Maroc

- Érosion hydrique
- Érosion éolienne
- Salinisation secondaire
- Alcalinisation
- Perte de matière organique
- Encroûtement
- Drainage
- Compaction
- Urbanisation
- (Pollution)

L'érosion hydrique est reconnue comme étant la forme de dégradation des sols la plus dangereuse au Maroc. Elle se manifeste essentiellement dans les montagnes du Rif et du pré-Rif où la dégradation spécifique dépasse souvent 3 000 tonnes/km².an. Les précipitations fortement érosives, associées aux fortes pentes et aux matériaux géologiques tendres explique les forts taux d'érosion enregistrés. En plus, les pratiques agricoles non conservatoires des sols et des eaux accentuent l'érosion hydrique.

Les provinces du Sud et de l'Est du Maroc sont fortement touchées par l'érosion éolienne qui décape les horizons superficiels des sols suite à leur mise en valeur sans mesures de protection permettant de réduire la vitesse du vent. La mise en culture des terres de parcours dans l'Oriental constitue une menace réelle des écosystèmes des hauts plateaux. Environ 300 000 ha sont menacés d'ensablement dans les régions de Ouarzazate, Zagora et Errachidia. L'érosion éolienne dans ces régions fait perdre environ 500 ha/an. En plus, l'érosion éolienne menace 25 % des canaux d'irrigation (65 km) dans la vallée du Draa.

En plus des pertes des couches arables et fertiles des sols à l'amont des bassins versants, l'érosion réduit la capacité de mobilisation des ressources en eaux dans les barrages. Ainsi, la tranche d'eau perdue chaque année suite à l'envasement des retenues de barrages est évaluée à 75 millions de m³. Ce volume constitue un manque à gagner en irrigation équivalent à une superficie de 10 000 ha.

5.3. La dégradation des sols sous irrigation

La salinisation secondaire est la forme de dégradation des sols la plus rapide dans les périmètres irrigués. Elle affecte environ 160 000 ha (tableau 2), soit environ 16 % des terres irriguées (Badraoui et al., 2003).

Tableau 2 : Salinisation secondaire dans les périmètres irrigués au Maroc

Zone irriguée	Superficie affectée par la salinité (x 1000 ha)	En pourcentage de la superficie irriguée
Gharb	15,0	12,5
Basse Moulouya	30,2	27,7
Haouz de Marrakech	24,6	29,9
Tafilalet	20,9	70,4
Ouarzazate	14,5	65,9
Tadla	19,3	24,5
Doukkala	0,6	1,0
Souss Massa	9,8	28,8
Loukkos	2,8	14,5
Bahira	21,0	22,8
Total	158,7	

Les principales causes de la salinisation secondaire sont l'aridité du climat, l'utilisation d'eau chargée en sels solubles, la mauvais drainage associé à la remontée de la nappe phréatique, l'utilisation de techniques d'irrigation peu économes en eau, et dans une moindre mesure l'utilisation abusive des engrais chimiques.

Dans les périmètres irrigués la réduction de la teneur en matière organique est une tendance lourde observée. Elle est causée par une mauvaise gestion des résidus de récoltes (pas d'enfouissement), à la faible utilisation des engrais verts (fumier et compost) et à la forte minéralisation des composés organiques. En effet, la teneur en matière organique des sols est généralement inférieure à 1,5 %. Le taux de réduction observé est de l'ordre de 6 à 10 %/an.

5.4. Désertification

Définie par les Nations Unies comme la dégradation des terres dans les zones arides, semi arides et sub-humides sèches, la désertification touche 93 % du pays. Elle constitue une contrainte majeure au développement économique et social. Le Maroc a ratifié la Convention des Nations Unies sur la Lutte Contre la désertification (CNULCD) en novembre 1996 et a validé son Plan d'Action National (PAN-LCD) en juin 2001. Ce dernier fait partie intégrante du Programme d'Action National de l'Environnement (PANE).

Le PAN-LCD est vu par les pouvoirs publics comme un cadre de mise en œuvre de la stratégie de développement rural 2020 et d'intégration des actions sectorielles.

Les causes de la désertification sont aussi bien climatiques (sécheresse) que humaines (utilisation non rationnelle des espaces et ressources naturels. En effet, la Sécheresse est une cause majeure de la désertification (voir schéma suivant) :

Changements climatiques

- Précipitations Irrégulières et Faibles
 - Averses violentes concentrées sur un petit nombre de jours/an
 - Occurrence de fortes averses pendant la saison non pluvieuse
 - Perturbation du régime de température
- Fréquentes sécheresses/inondations

Dégradation des terres

La pauvreté induisant une pression très forte sur les ressources naturelles est une deuxième cause majeure de la désertification.

Le PAN-LCD a pour objectifs de :

- Préserver et conserver la qualité des terres productives par des mesures préventives ;
- Améliorer la productivité des terres moyennement dégradées par des mesures de correction ;
- Réhabiliter les terres gravement dégradées en utilisant des moyens techniques appropriés et des mesures d'accompagnement et de facilitation ;
- Promouvoir la participation des populations, la coordination et l'intégration des actions sectorielles ;
- Atténuer les effets de la sécheresse et réduire la pauvreté.

Il s'articule autour de 4 catégories d'actions :

- Actions d'appui à la lutte contre la désertification ;
- Actions d'appui aux initiatives génératrices de revenu ;
- Actions de lutte contre la désertification et atténuation des effets de la sécheresse ;
- Actions de renforcement des connaissances de base et développement de systèmes d'information, de suivi et d'évaluation.

L'évaluation de la mise en œuvre du PAN depuis 2001 a fait ressortir un certain nombre d'acquis et de points de faiblesse. Les points forts concernent :

- Évolution progressive des projets sectoriels descendants vers des projets de développement rural intégré basé sur l'approche ascendante participative (PMVB, DRI, ...).
- La plupart des projets de développement rural intégré contiennent des activités de lutte contre la désertification et peuvent ainsi être inscrits dans le cadre stratégique du PAN.
- Implication effective et directe de certains partenaires dans la mise en œuvre du PAN (MADR, HCEFLCD, SEE, ONG, PNUD, GTZ, MM, Coops. Française, Belge, Italienne ; Américaine, Japonaise, ... etc).
- Société civile très active, spécialement dans les régions du Sud : RIOD-Maroc en activité.
- Cadre institutionnel en cours de consolidation à différents niveaux (Projet PAN-GTZ, voir cadre institutionnel).
- Système de suivi-évaluation du PAN et de la désertification en cours d'élaboration (Projet SMAP-CE).
- Programme prioritaire et mécanisme de mobilisation des ressources en cours d'élaboration : table ronde prévue en sept. 2004 (Appui du Mécanisme Mondial).

Les insuffisances concernent :

- La visibilité du PAN dans le PDES mérite d'être améliorée ;
- La démarche participative maîtrisée par le personnel des projets n'est pas encore appropriée par les agents de l'administration à l'échelle locale ;
- Les équipes de terrain souffrent de moyens de fonctionnement leur permettant de réaliser les activités prévues dans de bonnes conditions ;
- Le cadre de partenariat entre ONG/ADL et administration à renforcer ;
- La réalisation des PDD, PDC n'est pas toujours assurée : frustration des populations.
- Les moyens humains et matériels des communes et des régions en milieu rural doivent être renforcés ;
- Le processus de suivi-évaluation des projets et de leurs impacts est peu opérationnel : besoin de tester les indicateurs ;

- L'intégration des actions au niveau central et au niveau local mérite d'être améliorée;
- Les procédures budgétaires demeurent un handicap majeur qui pèse très fortement sur la mise en œuvre des actions prévues;
- Certains projets manquent d'études de base sur les ressources naturelles et humaines. La définition des actions d'aménagement n'est pas toujours techniquement valable.

Malgré les insuffisances identifiées et qui méritent des efforts coordonnés de la part de tous les acteurs, le Maroc est considéré par les Nations Unies comme l'un des pays touchés où un grand progrès est réalisé dans la mise en œuvre de l'UNCCD.

6. Perspectives pour 2025

6.1. Besoin d'un Programme National d'Inventaire et de Cartographie des Sols (PNICS)

Le retard cumulé par le Maroc en matière de connaissance des sols exige l'élaboration et la mise en œuvre d'un programme national d'inventaire et de cartographie des sols. Ce vœux a été exprimé à maintes reprises pour assurer la coordination des travaux entre les administrations concernées, suivre les réalisations et compléter la connaissance dans les régions du Sud et du Sud-Est.

Actuellement les travaux de pédologie se font sans coordination, ni concertations entre les ministères et même à l'intérieur du même ministère. Les travaux se font au coup par coup selon les besoins des projets.

Le PNICS a été inscrit comme priorité dans le Plan d'Action National de l'Environnement (PANE), mais jusqu'à présent ne lui a été attribué. Les bailleurs de fonds considèrent que l'inventaire des ressources en sol est une responsabilité de chaque état.

À l'horizon 2025, il serait très important que le Maroc complète l'inventaire des ses sols à l'échelle du 1/500 000, comme étape préalable pour des travaux plus détaillés selon les besoins. Le recours aux techniques spatiales et aux SIG permettra d'aller plus vite, de réduire les coûts et d'archiver les données sous format numérique.

6.2. Eléments d'une stratégie d'intégration de la connaissance des sols pour l'équilibre écologique, la durabilité des systèmes de production, la sécurité alimentaire et la lutte contre la désertification.

Les données recueillies à travers les travaux du PNICS doivent être mises à la disposition de tous les utilisateurs potentiels. Les bases de données sol devront être intégrées dans des systèmes de bases de données plus élargie concernant l'aménagement du territoire en général, le suivi de l'environnement et le développement agricole et rural.

Une base de données « sol » centralisée doit être mise en place au niveau d'un département ministériel choisi. Ce dernier suivra, évaluera et archivera les réalisations du programme national d'inventaire et de cartographie des sols.

6.3. Accord multipartite pour la prise de décision concernant le problème de l'urbanisation des terres agricoles.

L'urbanisation des terres agricole à haut potentiel de production, les terres plantées et de forêt est un enjeu important pour le développement humain du Maroc. Le foncier est sous pression suite aux fortes demandes par les différents opérateurs de développement. Les responsabilités des différents acteurs concernés (ministère de l'Intérieur, MADRPM, HCEFLCD, Aménagement du territoire, Urbanisme ...) doivent être clairement définies. La seule promulgation de la loi 12-90 stipulant la préservation des terres agricole n'est pas suffisante.

Un accord multipartite définissant les responsabilités de chaque intervenant serait très utile pour que les décisions soient au service du développement durable du pays.

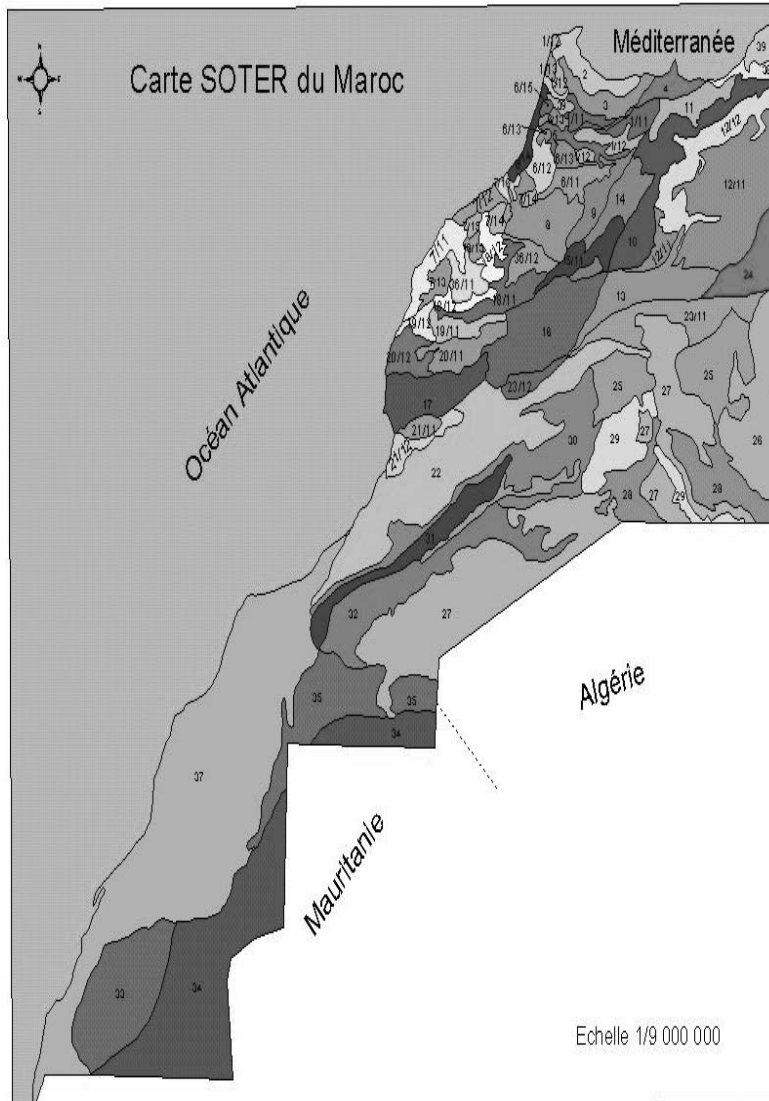
Références

- AMSSOL, 1993. Réflexions générales sur les apports de la recherche en science du sol au développement, in Badraoui et Soudi Eds. Place de la pédologie au sein du Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire : situation actuelle et perspectives. Journée-débat, Rabat 8 septembre 1993.
- Badraoui M., Agbani M., Soudi B. 2000. Évolution de la qualité des sols sous mise en valeur intensive au Maroc. In Soudi & al. Eds. Intensification agricole et qualité des sols et des eaux, Actes du séminaire organisé à Rabat les 2 et 3- Novembre 2000.
- Badraoui M. et Stitou M. 2002. Status of soil survey and soil information system in Morocco. In Badraoui, Bouabid & Pavlovic Eds. Proceedings de l'atelier sur les bases de données SOTER pour les pays de l'Union du Maghreb Arabe. P. 21-28, 12-16 novembre 2001, Rabat, Maroc, FAP/SNEA, Tunis
- Badraoui M., Bouabid R., Ljouad L., Rouchdi M., 2002. Base de données digitale SOTER pour le Maroc. In Badraoui, Bouabid & Pavlovic Eds. Proceedings de l'atelier sur les bases de données SOTER pour les pays de l'Union du Maghreb Arabe. P. 63-76, 12-16 novembre 2001, Rabat, Maroc, FAP/SNEA, Tunis
- Badraoui M., Bouabid R., Rachidi F., Ljouad L. 2003. Land degradation and conservation in the agro-ecosystems of Morocco. P. Zdruli éd., Ecosystem-based assessment of soil degradation to facilitate land users' and land owners' prompt actions, Medcoastland net project workshop, Adana, Turkey, 2-7 june 2003. p : 247-258
- Badraoui M. 2004. Mise en œuvre du programme d'action national de lutte contre la désertification. Communication au Colloque International sur la désertification, la sécheresse et la lutte contre la pauvreté, Mardi 15 juin 2004, Bruxelles, Belgique,
- Feodoroff A. 1955. Etude générale des sols du périmètre irrigable des Doukkala. Prospections Zone Nord de Sidi Bennour. Service Rech. Agro. Exp. Agric. SOGETIM. Rapport + Cartes 1/50 000.
- INRA. 1967. Congrès de Pédologie Méditerranéenne : excursion au Maroc, Les cahiers de la recherche agronomique N° 25.
- MADRPM, 2004. Evaluation de l'utilisation des terres agricoles à des fins non agricoles. INAT/DAF, Rabat.
- MADRPM, 1993. Inventaire des études pédologiques au Maroc. DCFCC/DC, Rabat
- MADRPM, 1996. Carte des sols du Maroc au 1/2 000 000°. DCFCC/DC, Rabat
- Robert M. 1996. Le sol : interface dans l'environnement, ressource pour le développement. Masson, 241p.
- MADRPM, 2000. Actes des Assises Nationales sur la Recherche Agricole, Colloque National de l'Agriculture et du Développement Rural, 19-20 juillet 2000.

- Merzouk A., Badraoui M., Fassi D., Bonn F., Gwyn O.H.J., Hinse M. 1990. Essai méthodologique pour le classement et la cartographie des Terres en vue de la conservation des sols et des eaux en zones arides. Apport de la télédétection. In J.M. Dubois et P. La France eds. Apport de la télédétection à la lutte contre la sécheresse : 163-171, AUPELF-UREF
- ORMVAT, 2004. Evolution de l'urbanisation et de la déperdition des terres agricoles dans le périmètre du Tadla. ORMVAT
- Prefol P. 1986. Prodige de l'irrigation au Maroc : le développement exemplaire du Tadla 1936-1985. Nouvelles Editions Latines, Paris, 266p.
- Ruellan A. 2003. Évaluation du système de recherche scientifique et technique au Maroc : Sols et Environnement. MESFCRS, SERS.
- Thomann Ch. 1952. Contribution à l'étude de la fertilité chimique des sols du maroc. Trav. Section. Pédol. 13/14 : 9-34

Annexes

Annexe 1 : Carte SOTER du Maroc



Unités SOTER des zones pour lesquelles des études pédologiques
sont disponibles

Terrain	Composant Terrain	Composant Sol	Code Attribut Unité SOTER	Forme du Relief	Type de sol (1)
1	1	1	1/11	SM	Calcimagnésique
1	1	2	1/12	LV	Vertisol
1	1	3	1/13	LL	Sesquioxyde
2	1	1	2	TM	Peu évolué d'érosion
3	1	1	3	TM	Peu évolué d'érosion
4	1	1	4	SH	Calcimagnésique
5	1	1	5	LP	Peu évolué d'apport
6	1	1	6/11	LP	Isohumique
6	1	2	6/12	LP	Brunifié
6	1	3	6/13	LP	Vertisol
6	1	4	6/14	LP	Sesquioxyde
6	1	5	6/15	LP	Hydromorphe
7	1	1	7/11	LP	Calcimagnésique
7	1	2	7/12		Sesquioxyde
7	1	3	7/13	LP	Vertisol
7	4	4	7/14	LP	Vertisol
7	1	5	7/15	LP	Hydromorphe
8	1	1	8	SM	Peu évolué d'érosion
9	1	1	9	SH	Peu évolué d'érosion
10	1	1	10	LL	Calcimagnésique
11	1	1	11	SH	Complexe
18	1	1	18/11	LP	Isohumique
18	1	2	18/12	LP	Calcimagnésique
18	1	3	18/13	LP	Vertisol
19	1	1	19/11		Peu évolué d'érosion
19	1	2	19/12		Calcimagnésique
20	1	1	20/11	LP	Isohumique
20	1	2	20/12	LP	Peu évolué d'érosion
21	1	1	21/11	LV	Isohumique
21	1	2	21/12	LV	Peu évolué d'apport

(1) : Voir légende de la carte pour la nature du relief dominant

(2) : Il s'agit en fait d'association de sols. Seul le sol dominant est indiqué.

Unités SOTER des zones n'ayant pas fait l'objet d'études pédologiques.

Terrain	Composant Terrain	Composant Sol	Code Attribut Unité SOTER	Forme du Relief	Type de sol (1)
12	1	1	12/11	LL	Complexe
12	1	2	12/12	LL	Complexe
13	1	1	13	SM	Complexe
14	1	1	14	TM	Complexe
15	1	1	15/11	SM	Complexe
15	1	2	15/12	SM	Calcimagnésique
16	1	1	16	TM	Complexe
17	1	1	17	TM	Complexe
22	1	1	22	SM	Complexe
23	1	1	23/11	LV	Complexe
23	1	2	23/11	LV	Complexe
24	1	1	24	SM	Complexe
25	1	1	25	SM	Complexe
26	1	1	26	LL	Complexe
27	1	1	27	LL	Complexe
28	1	1	28	LL	Complexe
29	1	1	29	LL	Complexe
30	1	1	30	SM	Complexe
31	1	1	31	LP	Complexe
32	1	1	32	LL	Complexe
33	1	1	33	LL	Complexe
34	1	1	34	LL	Complexe
35	1	1	35	LL	Peu évolué d'érosion
36	1	1	36/11	LL	Peu évolué d'érosion
36	1	2	36/12	LL	Peu évolué d'érosion
37	1	1	37	LP	Complexe
38	1	1	38	LV	Calcimagnésique
39	1	1	39	SH	Complexe

(1) : Type de sol dominant déduits par interprétation des facteurs de pédogenèse. La plupart des Unités complexes sont constituées des Sols Minéraux Bruts et Peu Evolués Xériques

