

# Eléments méthodologiques de mise en place d'un système de suivi et de surveillance de la qualité des eaux et des sols dans les périmètres irrigués

**B. Soudi** <sup>(1)</sup>, **M. Rahoui** <sup>(2)</sup>, **C. Chiang** <sup>(3)</sup>, **M. Badraoui** <sup>(1)</sup> et **A. Abousaleh** <sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Département des Sciences du Sol; Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II; Rabat

<sup>(2)</sup> Département des Sciences de la Terre; Faculté des Sciences; Rabat

<sup>(3)</sup> Faculté des Sciences Agronomiques de Louvain, UCL, Belgique

<sup>(4)</sup> Ingénieur agronome, Option Génie Rural

## 1. INTRODUCTION

Au Maroc, la disponibilité en eaux, jusqu'à présent très limitée, risquerait de diminuer fortement à long terme en raison des périodes de sécheresses prolongées. En effet, les estimations prévisionnelles effectuées par la Banque Mondiale ont déclenché la sonnette d'alarme dans la mesure où les ressources hydriques renouvelables par habitant devraient diminuer de moitié en passant de 800 m<sup>3</sup> en 1990 à 400 m<sup>3</sup> en 2020, classant ainsi le Maroc dans la catégorie des pays en situation de "Stress hydrique chronique".

La détérioration de la qualité des ressources en eau constitue une menace aussi importante que celle liée à l'accentuation du déficit hydrique. Les eaux souterraines, autrefois de bonne qualité, se trouvent actuellement menacées par diverses sources de pollution: ponctuelle et diffuse. Les eaux de surface sont aussi menacées par les phénomènes d'envasement et d'eutrophisation. Les cours d'eau demeurent à leur tour le réceptacle de rejets polluants de natures diverses.

L'agriculture intensive en zones irriguées est pour sa part responsable de la pollution diffuse et de la détérioration de certains paramètres de qualité des sols. Cette intensification s'est accompagnée d'un emploi abusif d'intrants agrochimiques et d'une mauvaise maîtrise de l'irrigation et du drainage. En conséquence, les phénomènes de salinisation, de sodification, de détérioration de la structure des sols, de l'engorgement et de la pollution nitrique des eaux souterraines commencent à prendre un rythme croissant. Aussi, on assiste actuellement à une mauvaise gestion des résidus de récolte qui sont dans la plupart des cas exportés de la parcelle ce qui cause inéluctablement une chute des teneurs en matière organique. A titre d'exemple, les teneurs en matière organique ont chuté en dix années de plus de 20% dans la plupart des sols des Doukkala (Soudi et Nâaman, 1999).

Suite à ces considérations, la mise en place de systèmes de surveillance de la qualité des eaux et des sols s'impose de manière impérative et particulièrement dans les périmètres irrigués. Les expériences conduites dans les périmètres irrigués de Tadla et des Doukkala sont prometteuses dans ce domaine.

L'objectif de cette note consiste à donner les principes méthodologiques de base pour la mise en place d'un système de suivi de la qualité des eaux et des sols dans les périmètres irrigués. Ces réflexions sont le fruit des travaux réalisés dans le cadre du Projet MRT/ORMVAT (Management des Ressources de Tadla) par Ammati (1995), Debbagh (1995) et Souidi (1995) et des travaux réalisés en matière d'étude d'impact de l'intensification agricole sur la qualité des eaux et des sols dans les Doukkala dans le cadre du projet IAV Hassan II – UCL – FUSAGx (Souidi et al., 1995-1999).

Avant de d'énoncer les principales composantes et étapes chronologiques d'un système de suivi, il conviendrait d'énoncer les principaux processus de dégradation de la qualité des ressources en eaux et en sols qui s'opèrent dans les périmètres irrigués au Maroc.

## 2. PROCESSUS DE DEGRADATION DE LA QUALITE DES EAUX ET DES SOLS

Les études de diagnostic réalisées dans les différents périmètres irrigués ont permis de dégager les principaux processus de dégradation de ces ressources (Souidi, 1995a; Souidi, 1995, Souidi, 1999; Debbagh, 1995, Ammati et al., 1995; Soussane, 1997, Rahoui et al., 1999; ONEM, 1995; SCE et DGH/DRPE, 199; DGI, 1993; Rapports des ORMVA). Ces processus sont sommairement récapitulés dans les tableaux 1, 2 et 3.

**Tableau 1: Principaux processus de détérioration de la qualité des eaux souterraines**

Processus*	Cause	Paramètre affecté/ indicateur	Effets
Pollution nitrique	Fertilisation azotée abusive, Infiltration des eaux usées, Non maîtrise de l'irrigation particulièrement dans les sols filtrants	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	L'eau devient impropre à la consommation. Ce problème est plus accentué dans certaines localités rurales ou l'eau est à usage mixte (irrigation et boisson).
Salinisation	Surexploitation, biseau marin	CE, SAR	Salinisation et alcalinisation sodique: impacts négatifs sur les sols et la production végétale

\*Ne sont repris ici que les processus de détérioration qui se sont manifestés

**Tableau 2: Principaux processus de détérioration de la qualité des eaux de surface**

Processus	Causes	Paramètres affectés/ Indicateurs	Effets
- Pollution organique	- Rejets d'eaux usées domestiques et agro-industriels - Rejets industriels et d'artisanat	- DBO, DCO, paramètres de contamination biologique - Métaux lourds (ex: Chrome)	Augmentation de la charge polluante et contamination biologique diminution des ressources en eau exploitées pour l'eau potable, risques sanitaires pour l'Homme et l'animal
- Pollution métallique  - Pollution accidentelle	Diverses substances dangereuses rejetées accidentellement dans les cours d'eau et retenues	Diverses matières	Risque sanitaire élevé et détérioration irréversible des eaux exploitées pour l'eau potable
Salinisation	Enrichissements en sels lors des passages sur roches salifères et retour des eaux de drainage des sols...	CE, SAR	Salinisation et alcalinisation sodique
Eutrophisation	Sédiments transportés par érosion et ruissellement. L'azote et le phosphore sous formes soluble ou particulaire véhiculés vers les eaux de surface	MES, P, N	Menace de la qualité des eaux exploitées pour l'eau potable, menace de la vie aquatique

**Tableau 3: Principaux processus de détérioration de la qualité des sols dans les périmètres irrigués**

Processus	Causes	Paramètre affecté/ indicateur	Conséquences
Salinisation	Remontée de la nappe, irrigation avec des eaux salées et non maîtrise de la trilogie irrigation – salinité – drainage	CEps	Les conséquences des processus de dégradation des sols sont interconnectées: Diminution de la fertilité physique et chimique des sols, déclenchement de l'érosion et de pertes de sols, affaiblissement de la fonction épuratoire du sol, affaiblissement de la production végétale
Sodification	Irrigation avec des eaux chargées en sodium Sodification et détérioration de la structure	ESP	
Détérioration de la structure	Sodification, faible restitution de matière organique, passages répétés d'engins agricoles, mauvaises pratique de travail du sol	Da et stabilité des agrégats	
Réduction de l'infiltration	Défaillance de drainage et tassement des sols	Taux d'infiltration	
Détérioration de la fertilité organique	Mauvaise gestion des résidus de récolte et forte minéralisation de la matière organique	M.O	
Compaction	Tassement par le passage d'engins sur sols humides, travail du sol superficiel et formation de semelle de labour	Da et perméabilité verticale	
Engorgement et stagnation d'eau	Excès d'eau non drainés et remontée de la nappe	Signes d'hydromorphie	

En plus de ces processus de détérioration, on peut en citer d'autres notamment la dégradation de la fertilité chimique des sols. Toutefois, étant donné le lien des teneurs des sols en éléments nutritifs avec le niveau de production, on peut considérer que les développeurs sont bien conscients de la nécessité de surveiller leur évolution et de déterminer le niveau de richesse des sols pour l'élaboration des plans de fertilisation minérale. En ce qui concerne les eaux souterraines, il serait utile d'ajouter la détermination des pesticides qui sont considérés comme polluants potentiels de la nappe étant donnée les doses excessives appliquées. Les résultats de diagnostic concernant ce paramètre sont quasi-inexistants. Les métaux lourds peuvent également être considérés aussi bien parmi les paramètres de qualité des sols que des eaux mais de manière prioritaire dans des zones réceptacles de rejets industriels. Des contrôles ponctuels peuvent être effectués pour les sols qui reçoivent des doses importantes en fertilisants phosphatés et en produits phytosanitaires.

### **3. PRINCIPES DIRECTEURS DE MISE EN PLACE D'UN SYSTEME DE SUIVI**

Cinq principes de base sont à considérer en premier lieu:

- (i) la connaissance des processus de détérioration de la qualité des ressources en eaux et en sols qui s'opèrent dans la zone en question,
- (ii) l'optimisation du système de suivi de manière à le rendre efficace et moins coûteux
- (iii) la représentativité de l'entièreté de la zone
- (iv) l'identification d'une ou des zones de "référence" qui n'ont pas été irriguées et
- (v) la capitalisation des données de suivi antérieures malgré leurs défaillances liées à la non représentativité de la zone considérée et à la limitation au paramètre de salinité considéré comme étant l'unique problème majeur des zones irriguées.

### **4. PRINCIPALES COMPOSANTES D'UN SYSTEME DE SUIVI**

Un système de suivi des paramètres de qualité des eaux et des sols consiste en un ensemble d'étapes successives et interdépendantes comme le montre la figure 1.

L'efficacité d'un système de suivi repose sur la réalisation de toutes ces étapes avec rigueur. En effet, quelque soit le degré de sophistication du laboratoire d'analyses, un échantillonnage inadéquat rend les données de suivi superflues. Aussi, une bonne gestion de données de suivi exige des outils clés comme la base des données, leur traitement et leur représentation sous formes de courbe d'évolution et de cartes de spatialisation. En effet, ces outils permettent d'ériger des rapports de suivi qui faciliteront la formulation des actions à entreprendre pour

l'atténuation des processus de dégradation. Dans ce qui suit, on se propose de parcourir les principales étapes de mise en place du système de suivi.

Implantation de réseaux d'échantillonnage des sols et des eaux et définition des paramètres de qualité et de la fréquence de prélèvement
Optimisation des circuits d'échantillonnage, de mesures in situ et standardisation des bulletins de prélèvement et d'analyses
Définition des techniques d'analyses appropriées et des normes d'interprétation
Saisie de données dans une base de données dynamique et transférable sur un logiciel de cartographie numérique (SIG)
Analyse des données: procédures géostatistiques et graphiques, modélisation de contrôle de la qualité, indices de qualité
Edition de rapports périodiques et diffusion des résultats auprès des services et organismes concernés

**Figure 1: Principales composantes d'un système de suivi des paramètres de qualité des eaux et des sols**

#### 4.1. Implantation du réseau de suivi de la qualité des sols et des eaux souterraines

Il est important de souligner qu'il n'existe pas une densité standard de points d'échantillonnage, d'observation et de mesures. Au premier abord, un maillage de la zone d'étude peut paraître une solution permettant un échantillonnage réparti régulièrement dans la zone. Toutefois, une optimisation s'impose et tiendra des critères suivants:

- Degré de variabilité du paramètre de suivi;
- Représentativité des différents systèmes de cultures;
- Représentativité des différents pratiques d'irrigation;
- Représentativité des zones déclarées névralgiques quant à un paramètre de dégradation ( salinité, engorgement, ...);
- Représentativité d'une ou des zones de référence n'ayant pas été soumise à un l'irrigation et à la mise en valeur intensive. Ces zones joueront le rôle de référentiel relatif.

En plus de ces critères qui peuvent être qualifiés de dynamiques et variables, on ajoute d'autres critères intrinsèques du milieu qui permettent de définir les zones naturellement ou intrinsèquement vulnérables et de les superposer aux critères

cités ci – dessus. Ces critères ou couches d’informations supplémentaires sont résumés ci – après:

- (i) Carte des sols;
- (ii) Carte lithologique;
- (iii) Carte de transmissivité de la nappe;
- (iv) Carte piézométrique et sens d’écoulement;
- (v) Carte de bathymétrie.

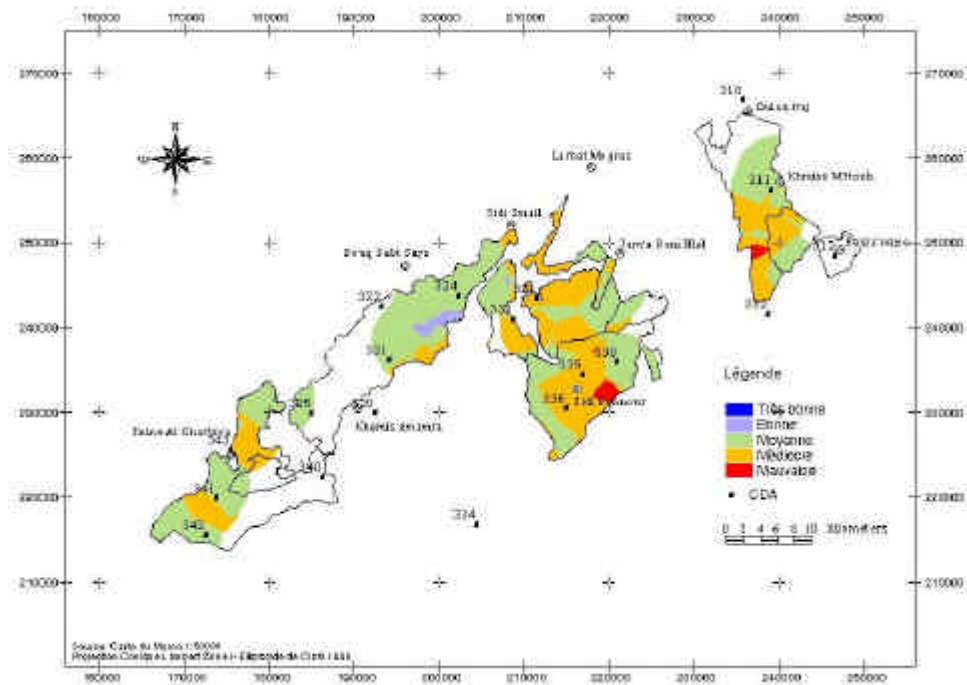
L’ensemble de ces critères constituent de couches thématiques superposables à l’aide de l’outil SIG (exemple illustré dans la figure 2). Cette étape se soldera par l’implantation des réseaux de suivi des paramètres de qualité des sols et des eaux souterraines. Ces réseaux doivent ensuite être optimisés de manière à maintenir la représentativité des données de suivi tout en minimisant le coût de suivi en temps et en argent. L’étape d’optimisation consiste aussi à optimiser les itinéraires ou circuits de collecte des échantillons qui seront parcourus lors des campagnes d’échantillonnage et de mesures in situ.

#### **4.2. Implantation du réseau de suivi de la qualité des eaux de surface**

Le réseau de suivi des eaux de surface couvre les eaux des retenues, les principaux canaux d’irrigation, les cours d’eau et des eaux de drainage. L’implantation du réseau de suivi repose sur les critères relatifs à (i) la répartition des points de rejets d’eau usées ou d’autres polluants selon la logique amont – aval et (ii) la répartition des réseaux d’irrigation et de drainage. Les merjas peuvent également faire l’objet de contrôle périodique.

#### **4.3. Définition des paramètres de suivi**

Les paramètres de qualité qui feront l’objet de suivi sont définis sur la base des processus de dégradation identifiés dans la zone concernée et sur les risques probables de dégradation suite à une pratique donnée. Il est aussi important de souligner que la liste des paramètres de qualité doit être limitée au maximum à 10 pour éviter un encombrement. Aussi, conviendrait-il de favoriser les paramètres dont l’effet n’est pas facilement perçu par les agriculteurs surtout lorsqu’on considère les conséquences à moyen et long terme. Les exemples de salinisation, de sodification, de pollutions métalliques des sols et nitrique des eaux souterraines, de détérioration du niveau de matière organique sont démonstratifs. Un diagnostic préalable des paramètres de qualité permet d’apporter de précieuses informations à l’accomplissement de cette première étape relative à la définition des paramètres de qualité.



**Figure 2: Exemple de résultat de la superposition de plusieurs couches thématiques pour aboutir à une classification de la qualité des sols des Doukkala**

#### 4.4. Paramètres de suivi de la qualité des sols

Les paramètres sont choisis de façon à ce qu'ils permettent le suivi et la surveillance des principaux processus de dégradation cités précédemment. Les paramètres de qualité des sols et leur fréquence de suivi sont rapportées dans le tableau 4.

#### 4.5. Paramètres de suivi de la qualité des eaux souterraines

Les paramètres sont choisis de façon à ce qu'ils permettent le suivi et la surveillance des principaux processus de dégradation cités précédemment. Les paramètres de qualité des eaux souterraines et leur fréquence de suivi sont rapportées dans le tableau 5.



**Tableau 4: Paramètres de suivi et de surveillance de la qualité des sols dans les périmètres irrigués**

<b>Paramètre</b>	<b>Caractéristiques</b>	<b>Fréquence de suivi §</b>
<b>Conductivité électrique (ds/m)</b>	Renseigne sur le degré de salinité globale d'un sol. La mesure est effectuée sur l'extrait de la pâte saturée.	2 fois par an
<b>PH</b>	Sa mesure est réalisée sur un mélange sol/eau de 1:2.5	2 fois par an
<b>Matière organique (%)</b>	Renseigne sur l'état du pool organique du sol.	1 fois par 2 ans
<b>Perméabilité verticale (cm/h)</b>	Renseigne sur la vitesse de circulation verticale de l'eau dans le sol. Elle est mesurée par la méthode de l'infiltromètre à double anneau.	1 fois par 2 ans
<b>Conductivité hydraulique (m/j)</b>	Intègre aussi bien la composante horizontale que verticale et radiale de la circulation de l'eau dans le sol à l'état saturé. Elle est mesurée par la méthode de Porchet.	1 fois par 2 ans
<b>Stabilité des agrégats</b>	Détermine la résistance du sol à l'action dégradante de l'eau en particulier. Elle est mesurée par la méthode de Henin.	1 fois par 2 ans
<b>Densité apparente</b>	Mesurée par la méthode des anneaux cylindriques. Elle renseigne sur le degré de compaction des horizons superficiels du sol.	1 fois par 2 ans
<b>Bases échangeables (meq/100g)</b>	Permettent de déduire d'autres paramètres comme la CEC et l'ESP.	1 fois par an
<b>Bilan ionique</b>	Mesure faite sur l'extrait de la pâte saturée et couvre tous les anions et cations indiqués pour la qualité des eaux.	1 fois par an
<b>Bore</b>	Elément phytotoxique à hautes doses dans les sols betteraviers	1 fois par an

§ la fréquence de suivi peut être adaptée à certaines particularités de certaines zones notamment d'épandage des eaux usées.

**Tableau 5: Paramètres de suivi de la qualité des eaux souterraines dans les périmètres irrigués**

Paramètre	Caractéristiques	Fréquence de suivi§
<b>Conductivité électrique (ds/m)</b>	Renseigne sur le degré de salinité de l'eau.	3 fois par an
<b>pH</b>	Cette mesure est indicatrice d'autres éléments et sert pour la mesure des nitrates.	3 fois par an
<b>Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (mg/l)</b>	Cette mesure est concomitante aux deux précédentes.	3 fois par an
<b>Bilan ionique</b>	Il couvre en plus des nitrates les éléments suivants: Ca <sup>++</sup> ; Mg <sup>++</sup> ; K <sup>+</sup> ; Na <sup>+</sup> ; SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ; CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> et HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2 fois par an
<b>Résidus de pesticides</b>	Etant donné le coût élevé et l'équipement lourd requis, effectuer de préférence un contrôle sur 10 % du réseau lorsque la teneur en nitrates (paramètre indicateur) dépasse les 100 mg/l. Cette recommandation n'inclut pas le risque de déversement direct ou de pollution accidentelle. Les familles de pesticides à déterminer sont à préciser par un spécialiste après connaissance des pratiques de traitements phyto-sanitaires dans la zone considérée.	

§ la fréquence de suivi peut être adaptée à certains événements spécifiques à la zone (saisonnalité des rejets de sucrerie ou autres unités agro-industrielles, période de forte exploitation par pompage...)

#### 4.6. Paramètres de suivi de la qualité des eaux souterraines

Les paramètres sont choisis de façon à ce qu'ils permettent le suivi et la surveillance des principaux processus de dégradation cités précédemment. Les eaux de surface considérées dans les périmètres irrigués englobent: les eaux du barrage, les eaux des grands canaux d'irrigation et les eaux de drainage. Les paramètres de qualité des eaux de surface et leur fréquence de suivi sont rapportés dans le tableau 6.

Pour les eaux souterraines et de surface, d'autres paramètres de contamination biologique peuvent être considérés dans certaines situations où le risque est présent à cause des déversements d'eaux usées ou de rejets industriels. Dans certaines situations, les métaux lourds soupçonnés (en fonction de la nature des activités ou de pollution ponctuelle à l'amont) peuvent également faire l'objet d'analyses de contrôle.

**Tableau 6: Paramètres de suivi et de surveillance de la qualité des eaux de surface dans les périmètres irrigués**

Paramètre	Caractéristiques	Fréquence de suivi §
<b>Conductivité électrique (ds/m)</b>	Renseigne sur le degré de salinité de l'eau.	3 fois par an
<b>PH</b>	Cette mesure est indicatrice du devenir de certains éléments.	3 fois par an
<b>Bilan ionique</b>	Il couvre les éléments suivants: Ca <sup>++</sup> ; Mg <sup>++</sup> ; K <sup>+</sup> ; Na <sup>+</sup> ; SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ; CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1 fois par an
<b>Résidus de pesticides</b>	Effectuer un contrôle dans les eaux de drainage. Les familles de pesticides à déterminer sont à préciser par un spécialiste après connaissance des pratiques de traitements phyto-sanitaires dans la zone considérée.	
<b>DBO, DCO et NTK (Azote Kjeldhal)</b>	-	1 fois par an dans les eaux à l'aval de rejets domestiques et industrielles
<b>Ortho-phosphates et phosphore total</b>	-	1 fois par an dans les retenues

§ la fréquence de suivi peut être adaptée à certains événements spécifiques à la zone (saisonnalité des rejets de sucrerie ou autres unités industrielles, lâchers du barrage, ...)

#### 4.7. Echantillonnage

Avant d'entamer la campagne de prélèvements une stratégie d'échantillonnage doit être définie. La méthodologie proposée consiste à:

- Etablir un chronogramme de prélèvements;
- Adopter les méthodes adéquates de prélèvement des échantillons des sols et des eaux;
- Définir le mode de collecte des échantillons ( des lots d'échantillons par arrondissement par exemple avant la livraison au laboratoire central)
- Adopter les méthodes de conservation et de pré - traitements des échantillons rapportés dans le manuel "Water and Wastewater Examination Manuel" (Dean Adams, 1990).
- Pour les sols, définir les profondeurs et les horizons à prélever; de préférence tous les 20 cm ou moins en évitant chaque fois de faire chevaucher les horizons de textures différentes.

- Etablir des bulletins standards de prélèvement des échantillons et de mesures *in situ* qui permettront de faciliter la saisie des données

Cette opération d'échantillonnage doit obligatoirement respecter le caractère de variabilité spatio-temporelle des paramètres de qualité. Le suivi doit ainsi se faire sur les mêmes sites et à la même période. Pour le cas des eaux souterraines, il est fortement recommandé d'avoir un sous réseau de piézomètres représentant 10 % du réseau global pour garantir la pérennité des points d'observation.

#### **4.8. Analyses et mesures**

Les paramètres de qualité des eaux et des sols des échantillons prélevés sont analysés en adoptant les méthodes les plus appropriés. Cependant, certains paramètres sont mesurés *in situ* (densité apparente et taux d'infiltration pour les sols; conductivité électrique, nitrates, pH, piézométrie et d'autres paramètres pour les eaux souterraines), d'où l'importance du chronogramme des prélèvements dont l'établissement permettrait de combiner échantillonnage et mesures *in situ*.

#### **4.9. Evaluation de la qualité des eaux et des sols**

Une fois les paramètres de qualité mesurés, une interprétation des résultats est réalisée soit en se basant sur des normes préétablies; locales si elles existent ou internationales (FAO, OMS, EPA, AFNOR). Il est très utile de procéder à la comparaison des résultats de suivi avec les niveaux observés dans la ou les zones de référence (eaux et sols non affectés par les processus de dégradation) en vue de déterminer l'évolution et les changements qui ont affecté la qualité des eaux et des sols suite à l'irrigation et la mise en valeur intensive.

### **5. GESTION DES DONNEES DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI**

#### **5.1. Elaboration d'une base de données dynamique**

Les données de suivi sont saisies dans une base de données. Celle – ci représente un outil facile à manipuler par les techniciens chargés de suivi et présente les avantages:

- (i) de comparer de manière automatique les valeurs des différents paramètres aux normes de qualité en vigueur;
- (II) de faciliter la navigation sur toute la zone considérée et de générer des rapports sur un ou plusieurs points du réseau
- (III) de permettre différents types de représentation des rapports (tableaux et graphiques pour l'évolution d'un ou plusieurs paramètres en fonction du temps);

- (IV) de transférer les données à un Système d'Information Géographique.

une base de données (QUASE) est en cours de finalisation par Soudi et *al.* et fera l'objet d'une note technique séparée dans un des prochains numéros de la revue Homes Terres et Eau (Fig 3a et 3b).

## 5.2. Intégration des données de suivi dans un Système d'Information Géographique (SIG)

Le SIG représente un outil puissant dans les opérations de contrôle, de surveillance et de gestion des ressources naturelles. Sa capacité de gérer et d'analyser une multitude de couches de données géographique le rend un outil indispensable pour le bon fonctionnement du système de suivi. Il permet de:

- Stocker et gérer les résultats des mesures des paramètres de qualité des eaux et des sols;
- Caractériser l'état actuel de la qualité des eaux et des sols;
- Réaliser un suivi spatio-temporel de la qualité des eaux et des sols;
- Restituer l'information sous forme de cartes géo-référencées.



**Figure 3a: Exemple de l'intégration des données relatives à la qualité des sols dans le programme QUASE**

date	CE	Cl	NH4	NO3	MO	Totale
02/01/1999	524	145	0.01	20.7	3.4	Bonne
03/01/1999	1007	3757	0.4	72.5	2.2	Très mauvaise
04/01/1999	1972	420	0.01	54.5	1	Mauvaise
05/01/1999	6826	2190	0.03	2.57	3.5	Très mauvaise
06/01/1999	2030	747	1.66	80.4	0.6	Mauvaise
07/01/1999	3794	1057	0.01	106	2.4	Très mauvaise
08/01/1999	510	51	0.01	65.5	1	Mauvaise
09/01/1999	5210	1471	0.06	37.7	3.5	Très mauvaise
10/01/1999	6190	2101	0.01	53.3	1.6	Très mauvaise
11/01/1999	812	104	0.02	57.2	0.9	Mauvaise
12/01/1999	1064	456	0.04	5.57	1.4	Moyenne
13/01/1999	2300	612	0.02	43.3	1.4	Moyenne

**Figure 3b: Exemple de l'intégration des données relatives à la qualité des eaux souterraines dans le programme QUASE**

### 5.3. Diffusion des résultats de suivi

Un système de suivi efficace ne doit pas sous entendre uniquement le suivi pour la surveillance mais aussi le suivi pour la propositions de mesures d'atténuation des processus de dégradation. Pour cela, tous les organismes et services concernés doivent être informés par des rapports périodiques qui leur permettront de proposer des actions et mesures d'atténuation mais aussi pour être avertis. On peut également ajouter que cette diffusion des données permettra aussi à certains organismes disposant d'un système de suivi spécifique de comparer les résultats de suivi de certains paramètres. Ceci sous entend évidemment une standardisation de méthodes d'analyses et d'interprétation.

### 5.4. Mesures d'accompagnement d'un système de suivi

Parmi les directives d'un bon fonctionnement de système de suivi, et dans le souci de garantir sa faisabilité et sa durabilité, il serait recommandé de procéder à :

- (i) l'évaluation des besoins en équipement et en matériel de mesures et d'analyses in situ et au laboratoire avec la collaboration des cadres des offices régionaux de mise en valeur agricole;
- (ii) l'évaluation des besoins en moyens humains;

- (iii) la définition de modes ou d'options d'organisation de l'entité chargée de suivi;
- (iv) l'identification des besoins en formation des cadres et techniciens de l'entité chargée de suivi;
- (v) la définition du flux de l'information entre les arrondissements et les différents services des ORMVA.

## 6. CONCLUSION

La mise en place d'un système de suivi de la qualité des eaux et des sols est devenu une nécessité pour la surveillance de ces ressources et leur préservation. En effet, les processus de détérioration qui s'opèrent peuvent avoir des conséquences néfastes sur la productivité des sols et sur la qualité des eaux destinées à divers usages. La plupart des paramètres de qualité qui subissent des processus de dégradation ne sont pas malheureusement perçus à l'échelle d'une génération. Ceci incite les organismes de l'Etat à inscrire la surveillance des ressources en eau et en sols parmi les priorités. Les éléments méthodologiques exposés dans cette note ne représente pas un guide exhaustif mais relate quelques éléments de base à considérer dans la mise en place de systèmes de suivi de la qualité des sols et des eaux en zones irriguées. Une étude de cas dans le périmètre des Doukkala fera l'objet d'une publication dans un prochain numéro de la présente revue. Aussi, il conviendrait de souligner que la liste des paramètres de suivi proposée n'est pas figée, elle peut être élargie si cela est jugé nécessaire pour tenir compte d'autres paramètres comme les métaux lourds et la contamination microbiologique des eaux qui peuvent être générées par certaines activités humaines et/ou industrielles. La liste proposée a tenu compte des processus de dégradation qui sont en cours et de certains processus potentiels. Il est aussi utile de souligner que la démarche proposée concerne spécifiquement les inter – relations entre la qualité des eaux et des sols et leur mode d'exploitation et de gestion dans les périmètres irrigués.

## 7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Ammati M.; Debbagh A. et Soudi B. (1995).** Mise en place des réseaux de suivi de la nappe phréatique et de la qualité des sols et des eaux du périmètre irrigué de Tadla. Projet MRT « Management des Ressources de Tadla », Rapport n°25.

**Badraoui M.; Soudi B. et Farhat A. (1998).** Variation de la qualité des sols: Une base pour évaluer la durabilité de la mise en valeur agricole sous irrigation par pivot au Maroc. *Etude et Gestion des Sols*, 5, 4: 227-234

**Badraoui M.; Agbani M. et Soudi B. (1997).** Evolution de la qualité des sols sous mise en valeur intensive au Maroc. Mhiri A. Ed. *Symposium International sur les perspectives du développement agricole durable sur la rive sud de la méditerranée*. Tunis, 10-13 Nov 1997.

**Dean Adams V. (1990).** *Wakes and Waskwakes examination manual*. Lewis publishers, Inc.

**Direction Générale de l'Industrie (1993).** Etude d'impact des rejets industriels sur la qualité des eaux de l'Oued Sebou. Justification et Application.

**Rahoui M.; Soudi B.; El Hadani D. et Benzakour M. (1999).** Evaluation de la qualité des sols en zones irriguées: Cas des Doukkala. *Géo Observateur*, n°10, pp. 103-113, décembre 1999.

**SCE et DGH/DRPE (1999).** Etude du système de redevance de pollution des eaux dans le bassin de Sebou. Rapport de mission «l'évaluation des charges polluantes».

**Soudi B. et Naman F. (1999).** Problématique de gestion de la matière organique des sols: Cas des périmètres irrigués des Doukkala et Tadla. *Bulletin de Transfert de Technologie en Agriculture*. N°54.

**Soudi B. (1995).** Suivi de la qualité des sols et des eaux dans le périmètre irrigué de Tadla. Projet MRT, Rapport n°25.

**Soudi B. (1994).** qualité des sols et des eaux: Situation actuelle et méthodes de suivi des paramètres de qualité dans le périmètre irrigué de Tadla. Projet MRT. Rapport n°15.

**Soudi B.; Chiang C.; Badraoui M.; Agbani M. et Marcoen J.M. (1995-1999).** Rapports annuels du projet IAV Hassan II-UCL: Etude de l'impact d'intensification agricole sur la qualité des sols et des eaux dans le périmètre irrigué des Doukkala.