



Projet INCO-WADEMED
Actes du Séminaire
Modernisation de l'Agriculture Irriguée
Rabat, du 19 au 23 avril 2004



**L'approche de l'écobilan dans l'évaluation
environnementale de l'agriculture irriguée en zones
méditerranéennes. Etude de cas dans le périmètre du
Tadla, au Maroc**

L.H. Krim¹, C. Debouche², B. Souidi³

¹ Département gestion et maîtrise de l'eau, Institut des TSMAER, Bouknadel, Maroc.

² Unité mécanique des fluides et environnement, Faculté universitaire de Gembloux, Belgique.

³ Département des sciences du sol, IAV (Institut agronomique et vétérinaire) Hassan II, Rabat, Maroc.

E-mail : h.krim@iav.ac.ma

Résumé - Depuis plusieurs décennies, le Maroc a entrepris une politique d'aménagements hydro-agricoles visant à irriguer un million d'ha en vue d'assurer une autosuffisance alimentaire. Ainsi, s'est développée une agriculture irriguée pérenne sur près de 15 % de la superficie agricole utile (1,4 million d'ha) et saisonnière sur 300 000 ha par épandage de crues. L'intensification de l'agriculture dans les périmètres irrigués a été marquée par l'utilisation excessive des intrants, en particulier les engrais azotés et une surexploitation des ressources d'eau souterraine, provoquant ainsi une forte pollution des eaux et une salinisation des sols. Dans le périmètre irrigué du Tadla, notre zone d'étude, ces problèmes sont accentués, notamment la pollution azotée des nappes, la salinisation des eaux de la nappe phréatique et la dégradation de la qualité des sols sous irrigation. L'étude présentée s'intègre dans un projet d'évaluation des conséquences de l'irrigation sur l'environnement au Maroc. L'approche par "écobilan", outil scientifique de l'évaluation de l'environnement, a été adaptée à l'agriculture irriguée du Maroc dans la zone du Tadla en s'inspirant du modèle Ecoferme développé par la Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux pour l'exploitation agricole wallonne. Son principe repose sur la caractérisation et la quantification des flux de matières et d'énergie échangées entre l'exploitation agricole irriguée et son environnement, et sur l'analyse des améliorations à apporter pour une meilleure gestion de l'environnement agricole. La communication décrit l'approche par écobilan de l'exploitation agricole, la méthodologie d'adaptation au contexte étudié et les premiers résultats du modèle. L'analyse des inadéquations du modèle de l'Ecoferme wallon et des spécificités de la problématique environnementale dans le Tadla a permis d'orienter les choix à adopter pour l'élaboration du modèle compte tenu des priorités des décideurs. Les enquêtes menées auprès des agriculteurs de la région ont permis, d'une part, d'identifier le type de données requises par le modèle, mais indisponibles ou difficiles à collecter, et d'autre part, de mener une réflexion sur le protocole expérimental à mettre en place pour déterminer les paramètres nécessaires au calage du modèle. Les écobilans effectués en utilisant la première version de ce modèle pour quelques agriculteurs de la région ont permis de mettre en évidence l'importance du travail de vulgarisation à mener en termes de sensibilisation agricole et environnementale des agriculteurs notamment en ce qui concerne la fertilisation azotée.

Mots-clefs : azote, évaluation environnementale, Ecobilan, engrais, modèle, flux, nappe phréatique, périmètre irrigué, pollution, salinisation, sol, Tadla-Ecobalance, Maroc, Tadla, Belgique.

1 Introduction

Depuis plusieurs décennies, le Maroc a entrepris une politique d'aménagement hydro-agricole visant à irriguer un million d'hectares en vue d'assurer une autosuffisance alimentaire. Il a ainsi développé une agriculture irriguée qui cumule aujourd'hui environ 1,36 million d'hectares en irrigation pérenne, soit près de 15 % de la superficie agricole utile estimée à 8,7 millions d'hectares et 300 000 ha de terres irrigables de façon saisonnière et par épandage des eaux de crues. L'intensification de l'agriculture dans les périmètres irrigués a été marquée par une utilisation excessive des intrants notamment en terme d'engrais azotés et une surexploitation des ressources en eau souterraines induisant ainsi une forte pollution des eaux et une salinisation des sols. Dans le périmètre irrigué du Tadla, notre zone d'étude, ces problèmes sont beaucoup plus accentués, notamment en ce qui concerne la pollution azotée des nappes, la salinisation des eaux de la nappe phréatique et la dégradation de la qualité des sols sous irrigation.

L'étude présentée s'intègre dans un projet visant l'évaluation des conséquences de l'irrigation sur l'environnement au Maroc. L'approche par écobilan, en tant qu'outil scientifique de l'évaluation de l'environnement, a été adaptée à l'agriculture irriguée du Maroc dans la zone du Tadla en s'inspirant du modèle Ecoferme, développé par la Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux pour l'exploitation agricole wallonne.

Le principe général repose sur la caractérisation et la quantification des flux de matières et d'énergie échangées entre l'exploitation agricole irriguée et son environnement, et l'analyse des améliorations à apporter pour une meilleure gestion de l'environnement agricole.

La communication décrit l'approche par écobilan de l'exploitation agricole, la méthodologie d'adaptation au contexte étudié et les premiers résultats du modèle.

2 Matériel et méthodes

L'écobilan est une méthode d'évaluation environnementale : " C'est un bilan de matières et d'énergies, établi aux frontières d'un système parfaitement identifié et obtenu par la quantification ou la modélisation " d'après AFNOR (1994 ; cité par Debouche, 1995[1]).

L'élaboration du modèle nommé Tadla-Ecobalance est fondée sur la méthodologie globale du modèle Ecoferme wallon, mis au point par la Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, dans le contexte agricole et environnemental de la région wallonne. Etant donné les spécificités environnementales de la région d'étude, le modèle prend en compte les dix éléments suivants :

- l'eau, pour son rôle dans les processus de production et de transfert, notamment des sels et des nitrates, et dans les problèmes environnementaux qui en découlent ;
- l'azote, pour son rôle dans la constitution des matières végétales et animales, et son implication directe dans la pollution azotée, très préoccupante actuellement dans le Tadla ;
- le phosphore et le potassium, pour leurs rôles complémentaires dans la constitution des matières végétales et animales, leur influence sur l'eutrophisation des eaux de surface et leur rôle de fertilisant ;
- le carbone, pour son implication dans les rejets du dioxyde de carbone (CO_2) et de méthane (CH_4) et dans la synthèse de la matière organique ;
- le calcium et le magnésium, pour leurs rôles déterminants dans la nutrition des plantes ;
- le sodium et le chlore, pour leur implication directe dans la salinisation des eaux et des sols ;
- l'énergie, comme facteur de production agricole.

Le système étudié est l'exploitation agricole irriguée et la période considérée est de 12 mois consécutifs correspondant à une campagne agricole. Le modèle Tadla-Ecobalance subdivise l'exploitation agricole en trois compartiments (les cultures, les animaux et le sol cultivé) et son environnement en quatre compartiments (l'atmosphère, les eaux du réseau, les eaux de la nappe ou eau souterraine, et les tiers). A partir des hypothèses retenues, le modèle quantifie 33 flux au total (figure 1) : 24 flux échangés entre l'exploitation et son environnement ; 6 flux échangés entre les compartiments de l'exploitation agricole et 3 flux de variation de stock à l'intérieur des compartiments de l'exploitation.

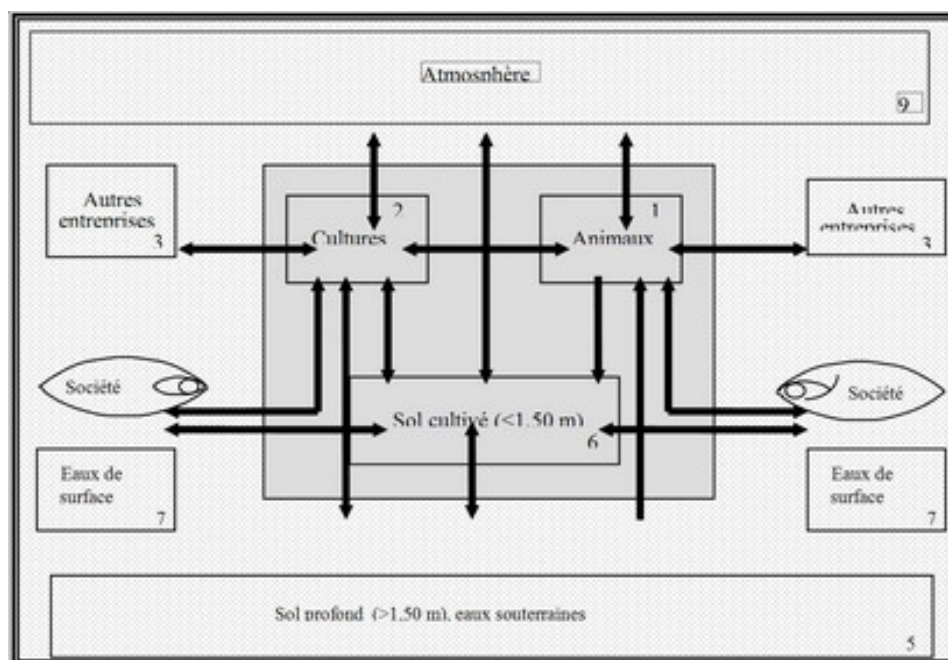


FIG. 1 – Schéma général de l'écobilan de l'exploitation agricole.

La méthodologie d'adaptation du programme Ecoferme wallon, pour constituer un modèle d'écobilan opérationnel dans le contexte marocain, est fondée sur la capitalisation des résultats de recherche, la constitution d'un réseau d'agriculteurs représentatifs et la réalisation d'analyses au laboratoire d'échantillons de sol et d'eau.

Il est nécessaire de collecter les résultats de recherche existants, ils serviront ensuite de paramètres du modèle, notamment : les cultures pratiquées (conduite culturale et rendements) ; la fertilisation des cultures et des bilans de masse des éléments majeurs ; l'utilisation des engrais et des pesticides et leur impact sur l'environnement ; la salinité et de la sodicité (diagnostic, causes, modélisation de la dynamique des sels, mesures préventives et mesures de réhabilitation) ; le statut de la matière organique et la gestion des résidus de cultures et des amendements organiques ; les caractéristiques et du mode de conduite de l'élevage ; les productions animales ; la production et la gestion des effluents.

Un réseau d'agriculteurs représentatifs sera constitué et sera utile pour collecter les données " inputs " pour le programme et permettra la vérification et le calage du modèle. Ce réseau est composé d'une vingtaine d'exploitations qui constituent les points de suivi écobilan (figure 2), choisis d'après cinq critères (tableau 1).

Enfin, des échantillons de sol et d'eau seront analysés au laboratoire, et des mesures *in situ* seront effectuées pour appréhender la variation des flux au cours d'une période de calcul et mieux interpréter les résultats obtenus. Deux types d'analyses sont retenus. Un premier type correspond

TAB. 1 – Critères retenus pour la constitution et la validation du réseau de suivi.

	Critères retenus				
	Système de culture	SAU	Type de sol	Type d'irrigation	Salinité des eaux et des sols
Variantes	Betterave céréales fourrages	- < 5 ha	Iso-humiques	Gravitaire	Faible
	Olivier-luzerne	Entre 5 & 20 ha	Calcimagnésiques	Localisée	Moyen
	Maraîchage Agrumes élevage	> 20 ha	Autres	Autres	élevé

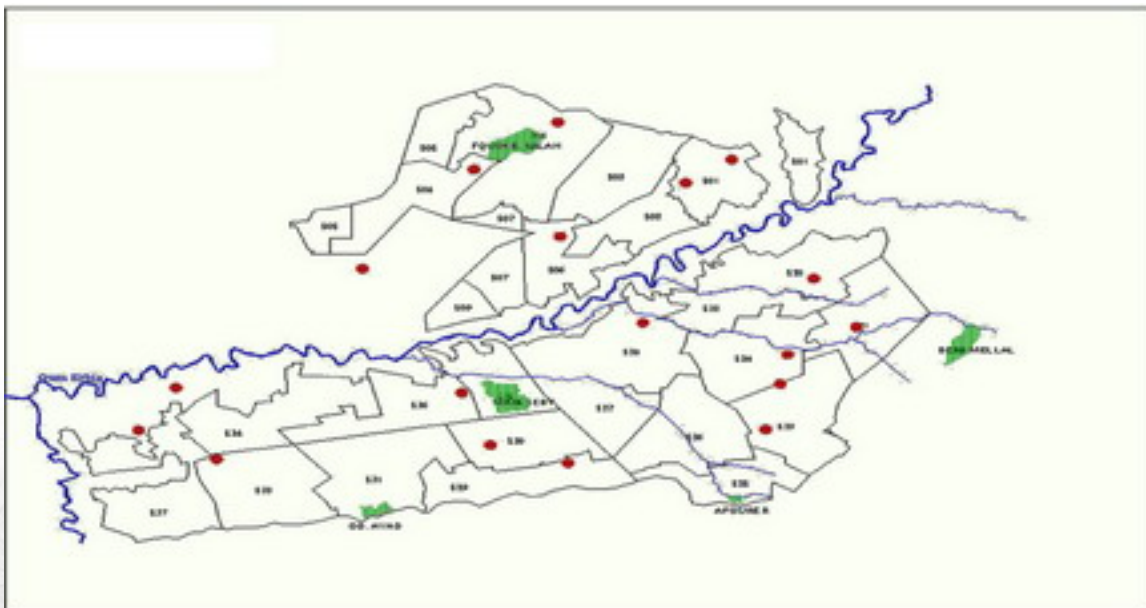


FIG. 2 – Localisation des points de suivi de l'écobilan.

aux analyses effectuées au début et à la fin de campagne agricole, afin de caractériser l'état des sols des différentes parcelles et la qualité des eaux d'irrigation apportées, en rapport direct avec les éléments de l'écobilan (N, P, K, C, Ca, Mg, Na, Cl). On a analysé la matière organique et le carbone organique, les bases échangeables (Na^+ , K^+ , Ca^{++} et Mg^{++}), le phosphore, l'azote minéral, l'azote total, le chlore.

Le second type correspond aux analyses effectuées (pH de l'eau et du sol, conductivité électrique de l'eau et du sol, granulométrie) pour permettre une bonne interprétation des autres analyses.

En termes de modélisation, le principe retenu est le suivant : un flux entrant est une importation, un flux sortant est une exportation. Pour un élément donné X : \sum flux entrants - \sum flux sortants = variation du stock. Un flux est le résultat de plusieurs composantes appelées composantes de flux et peut alors s'écrire sous la forme :

$$FX = \sum_k^{FX_k}$$

avec : FX, flux de l'élément X ; FX_k , k^e composante du flux pour l'élément X.

3 Quelques résultats

Avant d'entamer la conception du modèle de l'écobilan dans le contexte régional du Maroc, une réflexion a été menée pour dégager les inadéquations de l'Ecoferme wallon, afin de mieux appréhender l'écobilan de l'exploitation agricole marocaine.

Ces inadéquations sont liées aux particularités climatiques, édaphiques et agronomiques et aux spécificités de la problématique agricole et environnementale de la zone d'étude. Elles concernent le contexte pédoclimatique, la pratique de l'irrigation, les cultures pratiquées et le devenir des productions agricoles, la pratique de l'élevage, les valeurs indicatives et forfaitaires utilisées, la typologie des exploitations.

La première version du modèle Tadla-Ecobalance a été construite en utilisant le logiciel VBA (Visual Basic pour Applications). L'application du modèle à l'une des exploitations agricoles du réseau de suivi a permis de mettre en évidence les résultats résumés dans les fenêtres " output " du programme (figure 3).

L'exploitation étudiée n'a pas d'élevage. Les échanges avec le compartiment animaux sont alors tous vides. La fenêtre (figure 3) montre qu'une quantité de 19 209 kg d'azote a servi à la nutrition des plantes cultivées, constituant ainsi le flux d'azote du compartiment sol cultivé vers le compartiment cultures soit 235 kg/ha. Le flux d'azote sol cultivé vers le compartiment eaux souterraines ou sol profond représente la quantité lessivée évaluée à 1 181 kg soit 15 kg/ha. La variation de stock dans l'exploitation est de -7 842 kg d'azote. Ce qui démontre que l'exportation d'azote représente essentiellement la nutrition minérale des cultures.

4 Conclusions

L'analyse des inadéquations du modèle de l'Ecoferme wallon et des spécificités de la problématique environnementale dans le Tadla a permis d'orienter les choix à adopter pour l'élaboration du modèle compte tenu des soucis et des priorités des décideurs. Les enquêtes menées auprès des agriculteurs de la région ont permis, d'une part, d'identifier le type de données requises par le modèle indisponibles ou difficiles à collecter et de mener, d'autre part, une réflexion sur le

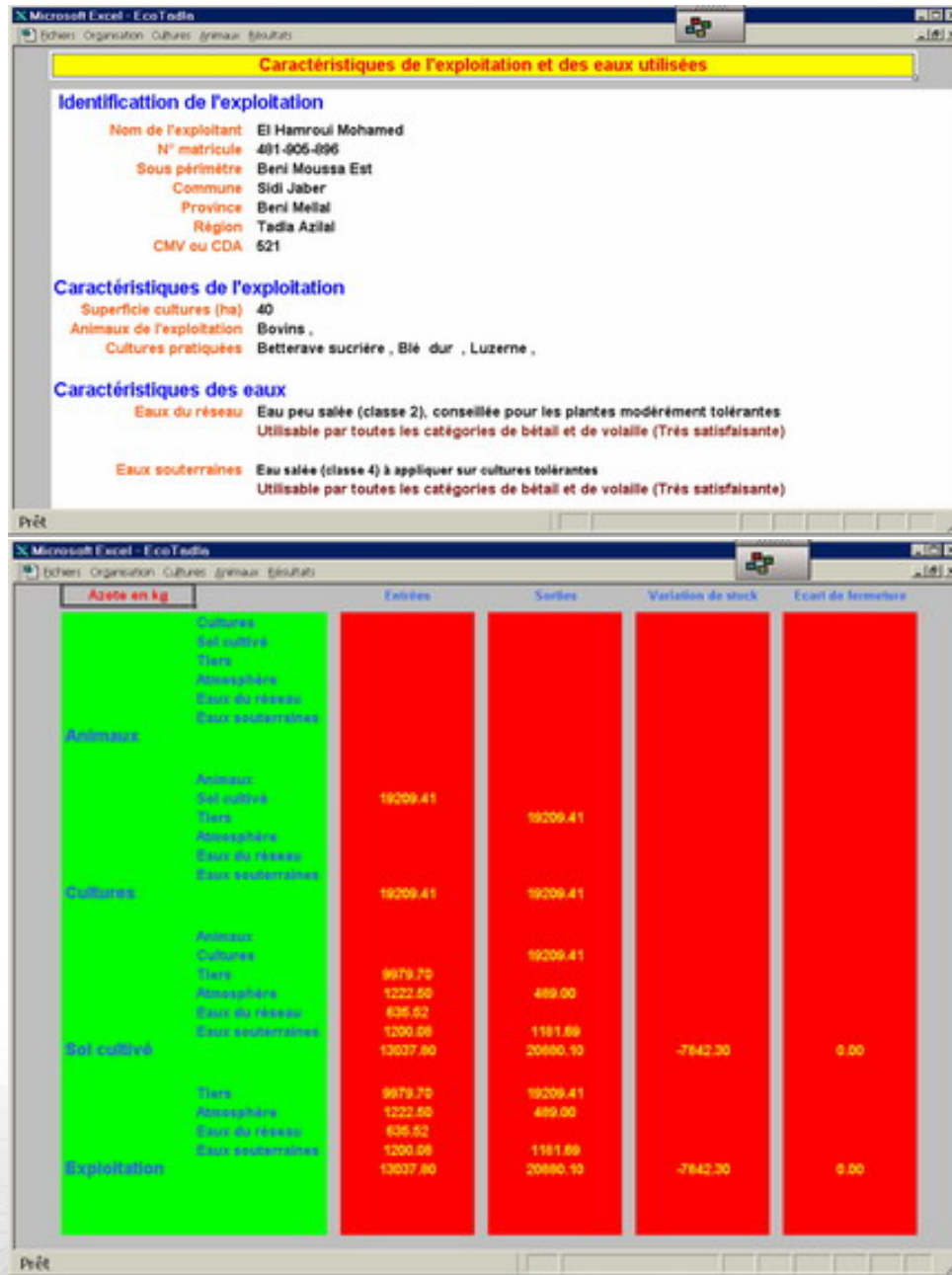


FIG. 3 – Fenêtres “ output ” du programme.

protocole expérimental à mettre en place pour déterminer les paramètres qui permettront le calage du modèle. Les écobilans effectués en utilisant la première version de du modèle pour quelques agriculteurs de la région ont permis de mettre en évidence l'importance du travail de vulgarisation à mener en termes de sensibilisation agricole et environnementale des agriculteurs notamment en ce qui concerne la fertilisation azotée.

Les quelques premiers résultats ainsi obtenus ont permis de mettre en évidence les imperfections de cette première version du modèle et la non pertinence de certaines hypothèses adoptées au départ.

Références

- [1] Debouche C., Lambin J., 1996. Environmental assessment of the farming Enterprise.
- [2] Krim L., 2001. Vers l'élaboration d'un modèle d'Ecobilan de l'exploitation agricole marocaine. Cas du périmètre irrigué du Tadla. Dea, FUSA Gembloux, Belgique.
- [3] Lindfors L.G., et al. 1995. Nordic Guidelines in life-cycle assessment. openhagen, Danemark, 222 p. ISBN 929120692X.
- [4] Soudi B, Chiang C., 1999. Etude de l'impact de l'intensification de la mise en valeur agricole sur la qualité des sols et des eau dans le périmètre des Doukkala.