HAL
open science

Outils de gestion de la pollution phytosanitaire diffuse au niveau d'un territoire : cas d'application zone humide Ramsar de la Merja Zerga au Maroc

Habiba Ayadi Ayadi-Hajji

To cite this version:

Habiba Ayadi Ayadi-Hajji. Outils de gestion de la pollution phytosanitaire diffuse au niveau d'un territoire : cas d'application zone humide Ramsar de la Merja Zerga au Maroc. Histoire. Université Paul Valéry - Montpellier III; Institut agronomique et vétérinaire Hassan II (Maroc), 2013. Français. NNT : 2013MON30059 . tel-00978747

HAL Id: tel-00978747

https://theses.hal.science/tel-00978747

Submitted on 14 Apr 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Collège Doctoral du Languedoc-Roussillon

&

Centre des Etudes Doctorales IAV Hassan II Rabat - Maroc (CEDoc-IAV)

THÈSE

Pour obtenir le grade de Docteur

Délivrée par

UNIVERSITE Paul-Valéry MONTPELLIER 3 -FRANCE
Arts, Lettres, Langues, Sciences Humaines et Sociales

INSTITUT AGRONOMIQUE ET VETERINAIRE HASSAN II
Rabat-MAROC
École d'Agronomie

Doctorat en cotutelle

Préparée au sein de

l'école doctorale ED 60
Unité de recherche GRED

CEDoc-IAV Hassan II Rabat
UR1 : « Systemes de culture »

Spécialité : Géographie et Aménagement de l'espace

Spécialité : Agronomie

Présentée par **Habiba AYADI-HAJJI**

OUTILS DE GESTION DE LA POLLUTION PHYTOSANITAIRE DIFFUSE AU NIVEAU D'UN TERRITOIRE : CAS D'APPLICATION À LA ZONE HUMIDE RAMSAR DE LA MERJA ZERGA AU MAROC

Soutenue le 12 décembre 2013 devant le jury composé de

M. Jean-Paul BORD, Professeur, Université Paul-Valéry Montpellier 3	**directeur de thèse**
M. Ahmed BOUAZIZ, Professeur, IAV Hassan II Rabat (Maroc)	**directeur de thèse**
M. Michael F. DAVIE, Professeur, Université François-Rabelais, Tours,	**rapporteur**
M. Marcel KUPER, Chercheur, Cirad Rabat (Maroc), HDR,	**rapporteur**
M. Philippe LE GRUSSE, Administrateur Scientifique Principal, CIHEAM-IAM Montpellier	**examinateur**
Mme Élisabeth MANDART, Professeur Associé CIHEAM-IAMM, HDR,	**examinateur**
M. François PAPY, directeur de recherche honoraire, Inra,	**examinateur**

Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II — IAV

ARTS, LETTRES, LANGUES, SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES

AVANT-PROPOS

Ce mémoire de thèse de doctorat a été réalisé dans le cadre d'un partenariat par cotutelle entre l'Université Paul-Valéry –Montpellier 3, France : Arts, Lettres, Langues, Sciences Humaines et Sociales et l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II-Maroc. Il est le résultat d'un travail de quatre ans au sein du Laboratoire d'Accueil Méditerranéen en Économie et Sciences Sociales de l'IAMM (LAMES) à l'Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier – France et de l'UMR GRED: Gouvernance, Risque, Environnement, Développement (Université Paul-Valéry –Montpellier 3/GRED). Ce Travail de recherche a été dirigé par Jean-Paul BORD (Professeur des Universités en Géographie à l'Université Paul-Valéry, UMR GRED) et Ahmed BOUAZIZ (Professeur à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II) et encadré par Philippe LE GRUSSE (Enseignant chercheur à Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier –France) et Élisabeth MANDART (Professeur associé Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier –France).

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du Projet « Tram : Gestion de la Toxicité en zone Ramsar » (Plan Ecophyto 2018) APR Pesticides 2009 Convention n° 1591/2010 » du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement de France. La bourse de la thèse a été financée par l'Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier –France et le projet TRam- APR Pesticides 2009.

Ce travail de recherche a été suivi par un comité de pilotage constitué par les membres suivants: Jean-Paul BORD (Professeur des Universités en Géographie à l'Université Paul-Valéry), Ahmed BOUAZIZ (Professeur Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II), Philippe LE GRUSSE (Enseignant chercheur à Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier –France), Élisabeth MANDART (Professeur associé Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier –France) et Olivier BOUHET (Maitre de Conférence à l'Université Paul-Valéry Montpellier 3).

REMERCIEMENTS

C'est avec plaisir que je profite de la fin de ce doctorat, pour remercier tous ceux qui y ont contribué, aussi bien d'un point de vue strictement scientifique qu'humain, à l'aboutissement de ce travail.

Je remercie l'APR Pesticides du MEDDE (Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie) pour les soutiens financiers.

Je voudrais, d'abord, adresser mes sincères remerciements et gratitudes au Pr. Philippe Le Grusse (Enseignant chercheur à l'I.A.M.M) et Élisabeth Mandart (Professeur associé) pour avoir initié ce travail et pour leur encadrement exemplaire, leur patience et leur sérieux qui ont permis l'aboutissement de ce Travail de recherche. Recevez, à travers ces quelques lignes, ma profonde et sincère reconnaissance.

Mes sincères remerciements vont également à mes directeurs de thèse Jean-Paul Bord (Professeur des Universités en Géographie à l'Université Paul-Valéry) et Ahmed Bouaziz (Professeur à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II) qui ont facilité le déroulement de cette thèse en appuyant toutes mes démarches, pour leurs corrections, je leur en suis extrêmement reconnaissante.

J'adresse également mes remerciements aux membres du jury qui ont accepté d'examiner ma thèse et se sont rendus disponibles pour sa soutenance : Jean-Paul Bord (Professeur des Universités en Géographie à l'Université Paul-Valéry), Ahmed Bouaziz (Professeur, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II), Michael Davie (Professeur à l'Université François-Rabelais), Marcel Kuper (chercheur au Cirad, Rabat), Philippe Le Grusse, (Administrateur Scientifique Principal, Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier), Élisabeth Mandart (Professeur associé, Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier) et François Papy (directeur de recherche à l'Inra).

Mille merci à Jean Philippe Cherel (Ingénieur de recherche au département de la géographie à l'Université Paul-Valéry, Montpellier 3) pour avoir m'aider dans la construction de la base de données SIG du territoire de la Merja Zerga.

Un grand merci au professeur Naimi Mostapha (Agro-pédologue à l'IAV Hassan II) pour son aide dans la collecte des données cartographiques.

Mes remerciements à Zouhair Mouileh (lauréat de l'IAMM) et Mlle Hind El Bouzidi (lauréate de l'IAV Hassan II) pour leur participation aux enquêtes de terrain auprès des agriculteurs du territoire de la Merja Zerga et l'écriture du modèle technico-économique sous la plate-forme de modélisation technico-économique « Olympe ».

Je remercie également les Offices régionaux de mise en valeur agricole du Gharb et du Loukkos et leurs agents et la Direction régionale des eaux et forêts de Kenitra au Maroc pour leur appui et aide dans le choix des exploitations agricoles, la collecte des données technico-économiques et cartographiques, la validation des modèles et l'accueil, l'accompagnement et l'aide qu'ils m'ont apportés.

Merci infiniment à Madame Marjorie Le Bars (chercheur à l'I.R.D de Montpellier) pour sa participation à la réalisation du Jeu de simulation SimPhy.

À cet effet je réitère ma gratitude et mes remerciements à Jaques Fabre (Développeur au bureau d'étude Diataé) pour la programmation des indicateurs de risques de toxicité humaine (IRSA) et environnementale (IRTE) sous Access et Windev.

Il serait ingrat de ma part d'omettre de remercier messieurs les agriculteurs enquêtés au niveau du territoire de la Merja Zerga.

Je remercie infiniment les étudiants du Master GEA à l'IAMM et les élèves ingénieurs de l'IAV Hassan II pour leur participation au test du jeu SimPhy au cours des séances de validation.

Je remercie Mapie Bessières du service informatique pour toutes les fois où elle est venue à mon secours.

À tous les enseignants qui ont participé à ma formation, j'exprime ma gratitude.

Je remercie les personnes de mon équipe de travail au sein du bureau du forestier en chef à Roberval-Québec surtout Nathalie Perron, Marc La Plante et Héloïse Reault pour leur encouragement.

Je remercie ma chère Gabrielle Rucheton pour son écoute et soutien.

Je remercie ma chère sœur Aicha Ayadi pour son aide lors des enquêtes et des congrès d'avoir été une deuxième maman pour Rayan.

Je remercie mon mari Issam Hajji et mon fils Rayan Hajji pour leur soutien et patience pour toutes les fins de semaines et les jours fériés que j'ai passé à Travailler.

Je remercie mes deux familles Ayadi et Hajji pour leur soutien et aide.

RESUME

La pollution phytosanitaire diffuse est un enjeu majeur à l'interface de l'agriculture et l'environnement. Ses conséquences sur la santé humaine et l'environnement ont poussé la société à interroger les scientifiques sur les outils d'aide à la décision et d'évaluation adéquats. Dans cette perspective, ce travail interdisciplinaire entre géographie et agronomie porte sur la mise en place d'outils pour une gestion concertée de la pollution phytosanitaire diffuse au niveau d'un territoire: la Merja Zerga au Maroc. Dans le cadre d'une approche participative, ce travail est basé sur l'utilisation conjointe et interactive de plusieurs outils interdisciplinaires: les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG), l'indicateur de fréquence de traitement (IFT), un indicateur de risque de toxicité sur la santé de l'applicateur (IRSA) et environnementale (IRTE), une plate-forme technico-économique et un jeu de simulation par lesquels sont exploitées les données issues de la recherche bibliographique, des relevés de terrain et d'enquêtes auprès des acteurs du territoire. Les résultats de l'analyse multi-échelle du territoire ont permis de mettre en exergue la construction de l'espace du territoire de la Merja Zerga, les conséquences des pratiques phytosanitaires sur la santé humaine de l'applicateur et l'environnement, l'iniquité spatiale et sociale en terme de propension à polluer. En dépassant la simple évaluation, cette approche basée sur des outils génériques, constitue une étape originale pour la mise en place de stratégies de gestion des pesticides sans nuire à la viabilité économique des exploitations agricoles.

Mots clés : Pollution phytosanitaire diffuse, Zone Ramsar, SIG, IRSA, IRTE, Plate-forme de modélisation, Jeu de simulations

ASTRACT

The phytosanitary diffuse pollution is a major focus for the interface of the agriculture and the environment. Its consequences for the human health and the environment urged the society to question the scientists on adequate tools of decision-making support and evaluation. In this perspective, we adopted an interdisciplinary approach between geography and agronomy in order to implement tools for a joint management of the diffuse phytosanitary pollution at the level of a territory: Merja Zerga in Morocco. Within the framework of a participatory approach, this work was based on the joint and interactive use of several interdisciplinary tools: the Geographical Information systems (GIS), the indicator of frequency of treatments (IFT), an indicator of risk of toxicity for the health of the applicator (IRSA) and for the environment (IRTE), a technical-economic platform and a simulation game. These tools enabled us to analyze the data gathered from the bibliographic research, the field statements and the surveys with the farmers and stakeholders of the territory.The results of this multi-scale analysis, from the farmer plots to the watershed basin allowed us to highlight the construction of the Merja Zerga space as a territory and to understand the consequences of the phytosanitary and agricultural practices on the human health of the applicator and on the environment, the spatial and social injustice in terms of propensity to pollute. This study based on generic tools, and going beyond the mere evaluation, constitutes an original approach for the establishment of strategies for the management of pesticides without damaging the economic sustainability of farms.

Keywords : Phytosanitary pollution, agricultural practices, Ramsar Zone, GIS, modeling, simulation game

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE *1*

CONTEXTE SCIENTIFIQUE ET OBJECTIFS DE LA THESE *1*

ORGANISATION DE LA THESE *3*

PARTIE I. ÉTAT DE L'ART, PROBLÉMATIQUE ET OBJET DE RECHERCHE *5*

INTRODUCTION DE LA PREMIERE PARTIE *6*

CHAPITRE I *7*

ENJEUX DE LA POLLUTION PHYTOSANITAIRE DIFFUSE ET STRATEGIES DE GESTION *7*

1. Les pesticides une nécessité pour une agriculture intensive *7*

2. Les enjeux de la pollution phytosanitaire d'origine agricole *10*

2.1 Évaluation des risques sanitaires et écologiques des pesticides **10**

2.2 Toxicité des pesticides et santé humaine **11**

2.3 Écotoxicité et impact sur la faune et la flore non cible **12**

1.3.1 Effets sur les invertébrés pollinisateurs : cas de l'abeille domestique (Apis mellifera) 13

2.3.2 Effets sur les invertébrés du sol : exemple des vers de terre 13

2.3.3. Effets sur les oiseaux 14

2.3.4. Effets sur les organismes aquatiques 14

2.4 Présence avérée des pesticides dans l'alimentation et l'environnement **15**

3. Stratégies de gestion environnementales et lutte contre la pollution phytosanitaire diffuse présentant des lacunes *16*

Conclusion du chapitre I *20*

CHAPITRE II *22*

ACTIVITES AGRICOLES ET ENVIRONNEMENT AU CARREFOUR DE LA GEOGRAPHIE ET DE L'AGRONOMIE *22*

1. Évolution de l'environnement en géographie : du déterminisme à la systémique *22*

2. L'analyse des activités agricoles en agronomie : au niveau du territoire de l'exploitation ou du territoire global ? *23*

2.1 Analyse technico-économique au niveau de l'exploitation agricole **24**

2.2 De l'exploitation au territoire : au carrefour de la géographie et de l'agronomie **24**

3. Hypothèses et orientations de recherche : territoires et approches d'évaluations de la pollution phytosanitaire diffuse *25*

3.1 Le territoire d'évaluation de la pollution phytosanitaire diffuse **25**

3.1.1 L'espace structuré, dimension matérielle du territoire 26

3.1.2 Le territoire est un espace géré par des acteurs 26

3.1.3 Le territoire est un espace perçu et représenté 27

3.2 Intégration d'unités spatiales emboitées **27**

3.2.1 Parcelle culturale : unité spatiale de décision technique de l'agriculteur 28

3.2.2 Exploitation agricole : unité de décision stratégique de l'agriculteur 28
3.2.3 Le bassin versant : unité hydrologique et territoire d'aménagement de l'espace 28
3.3 Approches d'évaluation des pratiques agricoles sur la pression de la pollution phytosanitaire agricole 30
3.3.1 Approche temporelle 31
3.3.2 Approche spatiale 32
3.3.3 Approche systémique entre géographie et agronomie 32
3.3.4 Approche participative 34
3.3.5 Approche proposée et originalité de la thèse : une approche participative empruntant des représentations systémiques et spatiales 35
Conclusion du chapitre II 36
CHAPITRE III 37
DE L'AIDE À LA DECISION A L'AIDE À L'EVALUATION : LE SUPPORT METHODOLOGIQUE POUR UNE GESTION CONCERTEE DE LA POLLUTION PHYTOSANITAIRE DIFFUSE 37
1. Aide à la décision par modélisation participative 37
1.1 Aide à la décision 37
1.1.1 Processus de décision 38
1.1.2 Niveau de structuration des décisions 39
1.2 La modélisation participative, une nécessité pour l'aide à la décision peu structurée 39
1.2.1 Les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) 40
1.2.2 Les Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision (SIAD) dans le domaine de l'agriculture 42
1.3 Les théories des jeux dans le domaine agricole 45
1.3.1 Les jeux de simulation 45
1.3.2 Exemple de Jeu de simulation : MEDTER 46
2. Indicateurs d'évaluation des impacts des pesticides sur la santé humaine et l'environnement 47
2.1 Définitions et classifications 47
2.2 Multitude d'indicateurs et spécificité des méthodes 48
3. Démarche méthodologique adoptée : couplage des SIG, d'un Système Interactif d'Aide à la Décision (SIAD) et d'indicateurs et jeu de simulation avec la participation des parties prenantes 49
3.1 Acquisition des données d'entrées pour les modèles 50
3.1.1 Caractérisation de l'espace naturel du territoire 50
3.1.2 Caractérisation de l'espace agricole du territoire 50
3.2 Développement d'indicateurs et évaluation des risques de toxicité pour la santé de l'applicateur (IRSA) et environnementale (IRTE). 51
3.2.1 Conception des indicateurs 51
3.2.3 Calcul des indicateurs (IFT, IRSA, IRTE) sur les itinéraires techniques des systèmes de production de la Merja Zerga 51
3.3. Typologie des systèmes de production et modèles agro-économiques 51
3.3.1 Typologie des exploitations agricoles suivant un fonctionnement spatial 51

3.3.2 Régionalisation et spatialisation des modèles agro-économiques, intégration dans le SIG : bassin de la Merja Zerga. 52

3.4 Élaboration d'un jeu de simulation et proposition de scénarios pour une gestion concertée des phytosanitaires : un instrument de gestion et de négociation 52

Conclusion du chapitre III 52

CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE 54

PARTIE II. CONSTRUCTION D'UNE METHODE POUR LE DIAGNOSTIC ET LA GESTION DE LA POLLUTION PHYTOSANITAIRE DIFFUSE D'ORIGINE AGRICOLE AU NIVEAU D'UN TERRITOIRE EN SITUATION D'INFORMATION INCOMPLETE 56

INTRODUCTION DE LA DEUXIEME PARTIE 57

PAR QUELLE METHODE EVALUER LA POLLUTION PHYTOSANITAIRE AU NIVEAU D'UN TERRITOIRE ? 57

CHAPITRE IV 58

CAS D'APPLICATION ET PROTOCOLE D'ACQUISITION DES DONNEES DE BASE 58

1. Justification du choix du territoire objet de l'étude 58

1.1 Le bassin versant de la Merja Zerga : enjeux socio-économiques et environnementaux... 58

1.1.1 La Merja Zerga : un patrimoine mondial Ramsar de grand intérêt socio-économique 58

1.1.2 Une agriculture intensive et diversifiée en amont de la Merja Zerga 60

1.1.3 Lutte contre le paludisme et aménagement agro-hydrolique modifiant le fonctionnement du milieu naturel 61

1.1.4 Un exutoire très touché par la pollution phytosanitaire diffuse 63

1.2 Critères scientifiques de choix du bassin versant de la Merja Zerga : projet TRam 63

2. Protocole d'acquisition de données 64

2.1 Données disponibles 64

2.2 Absence de spatialisation des données relatives aux parcelles et aux exploitations 65

2.3 Choix de l'échantillon d'exploitations à enquêter à dire d'acteurs et localisation géographique 66

2.4 Questionnaires semi-direct pour l'acquisition des données sur les pratiques phytosanitaires et la perception de la santé humaine et de l'environnement 66

2.4.1 Données sur les pratiques phytosanitaires 67

2.4.2 Entretiens ouverts pour une analyse de la perception des risques liées aux phytosanitaires sur la santé humaine de l'applicateur et de l'environnemental 68

Conclusion du chapitre IV 70

CHAPITRE V. 71

FORMALISATION ET MODELISATION DES DETERMINANTS DE LA POLLUTION PHYTOSANITAIRE DIFFUSE 71

1. Construction de l'indicateurs agri-environnementaux et formalisation des pratiques phytosanitaires 71

1.1 Conception et calcul d'Indicateur de Risque sur la Santé de l'Applicateur (IRSA) 71

1.1.1 Présentation de l'IRSA 71
1.1.2 Pondération de l'IRTm.a par le type de formulation 72
1.1.3 Facteur de pondération lié à la dose appliquée 73
1.2 Conception et calcul de l'indicateur de Risque de Toxicité Environnementale (IRTE) **74**
1.2.1 Présentation de l'IRTE 74
1.2.2 Procédure de calcul de l'indicateur de risque de toxicité pour l'environnement d'une matière active (IRTEm.a) 76
1.3 Diagnostic de la pollution phytosanitaire diffuse : application et calibrage **77**
1.3.1 Calcul de l'IRSA selon des données d'usage 77
1.3.2 Calcul de l'IRTE selon le milieu récepteur 78
1.4 EToPhy : logiciel de calcul de l'IRSA et de l'IRTE **79**
2. Caractérisation du milieu naturel et analyse spatiale par SIG : une base de données multi-échelles et multicritères ***82***
2.2 Conception d'une base de données SIG multi-échelles et multicritères **82**
2. 3 Couplage de l'IRTE avec un SIG pour une évaluation d'un risque phytosanitaire spatialisé **83**
3. Typologie des exploitations : couplage d'une base de données technico-économiques avec un projet SIG ***84***
3.1 Quelle typologie utilisée ? **84**
3.2 Élaboration d'une typologie de l'exploitation basée sur des critères de structure et de mode de fonctionnement **85**
Conclusion du chapitre V ***87***
CHAPITRE VI ***89***
MODELISATION PARTICIPATIVE ET JEU DE SIMULATION ***89***
1. Conception du jeu de simulation SimPhy : couplage DSS « Merja Phytos » avec IRTE et la base de données SIG avec participation des parties prenantes ***90***
2. Support informatique du jeu SimPy : couplage d'un DSS avec des indicateurs et une base SIG ***91***
2.1 Saisi des systèmes de productions types et leur base de données technico-économiques ... **92**
2.2 Création des indicateurs : couplage du modèle « Merja_Phytos » avec les indicateurs de pression et de risques de toxicité pour la santé humaine (IRSA) **94**
3. Territoire et parties prenantes du jeu de simulation SimPhy ***96***
4. Phases du jeu SimPhy et scénarios testés ***97***
Conclusion du chapitre VI ***100***
CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE ***102***
UNE METHODE D'EVALUATION ET D'AIDE À LA DECISION DES PARTIES PRENANTES AU NIVEAU D'UN TERRITOIRE AGRICOLE ***102***
PARTIE III. UNE EXPERIENCE DE CO-CONSTRUCTION D'UN MODELE TERRITORIAL ET SON UTILISATION DANS UNE DEMARCHE PARTICIPATIVE POUR FAIRE EMERGER DES STRATEGIES DE GESTION ET D'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE. ***104***

INTRODUCTION DE LA TROISIEME PARTIE ***105***

CHAPITRE VII ***107***

LE TERRITOIRE DE LA MERJA ZERGA : UN SYSTEME AGRICOLE COMPLEXE ***107***

1. Délimitation du territoire de diagnostic de la pollution phytosanitaire diffuse : le bassin versant ? ***107***

2. Espace structuré par des conditions naturelles et des aménagements hydro-agricoles . ***110***

2.1 Caractérisation du milieu naturel **111**

2.1.1 Action directe de la topographie sur les écoulements et la mobilité des phytosanitaires 111

2.1.2 Réseau hydrographique favorisant le transfert des phytosanitaires vers la Merja Zerga 112

2.2 Nappes du bassin versant de la Merja Zerga et risque de transfert vertical des phytosanitaires par infiltration 119

2.3 Géologie du bassin versant de la Merja Zerga et infiltration des phytosanitaires vers les aquifères .. 121

2.4 Les sols du bassin versant de la Merja Zerga conditionnent fortement le comportement des pesticides dans l'environnement et la variabilité spatiale des cultures 123

2.5 Différenciation spatiale des conditions climatiques au niveau du bassin versant par les précipitations et les températures 126

3. Le bassin versant de la Merja Zerga, espace géré par une multitude d'acteurs ***129***

2.1 Communes rurales dont l'activité principale est l'agriculture **131**

2.1.1 Découpage administratif du territoire de la Merja Zerga issu d'un Travail de SIG 131

2.1.2 Analphabétisme 133

2.1.3 Un taux de pauvreté élevé 135

2.1.4 Prépondérance de l'agriculture au niveau du territoire de la Merja Zerga 135

2.2 Gestion de la ressource en eau au niveau du bassin hydraulique **136**

2.3 Gestion de la biodiversité au niveau de la réserve biologique de la Merja Zerga **139**

2.4 Gestion agricole par zone d'action des Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole (ORMVA) **141**

2.4.1 Développement agricole 141

2.4.2 Développement rural 145

Conclusion du chapitre VII **146**

CHAPITRE VIII ***148***

ORGANISATION DU TERRITOIRE DE L'EXPLOITATION, GESTION DE L'ESPACE ET SYSTEMES DE CULTURE ***148***

1. Descriptions des exploitations agricoles ***148***

1.1. Gestion de l'espace en relation avec la taille de la SAU de l'exploitation **149**

1.1.1 Prédominance des exploitations à SAU inférieure à 5 hectares 149

1.1.2 Rôle du mode de faire valoir dans le choix des stratégies de production 151

1.1.3 Spécialisation et culture de haute technicité 152

1.1.4 Diversification : valorisation et sécurité 154

1.1.5 Systèmes de cultures et rotations répondant à des conditions pédoclimatiques et à la politique agricole 155

2. Des exploitations-types à dire d'acteurs suivant un fonctionnement spatial ***163***

2.1 Exploitations-types : Maraichage_ Grandes cultures **166**

2.2 Exploitations-types : Céréales_Oléagineux_Maraichage 166

2.3 Exploitations-types : Céréales_Oléagineux-Fourrage_Cultures sucrières 167

2.4 Exploitations-types : Oléagineux-Céréales_Fourrage-Cultures sucrières 167

2.5 Exploitation-types : Céréales_Fourrages_Cultures industrielles_Arboricultures 167

2.6 Exploitation-types : Maraichage_Fruits rouges 168

Conclusion du chapitre VIII 168

CHAPITRE IX 169

PRATIQUES PHYTOSANITAIRES ET CONTRIBUTION À LA POLLUTION PHYTOSANITAIRE DIFFUSE 169

1. Diversité des itinéraires techniques et des assolements 170

1.1 Cultures sucrières : la canne et la betterave à sucre 170

1.1.1 Conduite technique et consommation en pesticides 171

1.1.2 Rentabilité des cultures sucrières 171

1.2 Céréales 173

1.2.1 Conduite technique et consommation en pesticides 173

1.2.2 Plan économique 174

1.3 La riziculture 174

1.3.1 Conduite technique et consommation en pesticides 175

1.3.2 Rentabilité du riz 175

1.4 Les cultures fourragères : le bersim 176

1.4.1 Conduite technique et consommation en pesticides 176

1.4.2 Plan économique 176

1.5 Le maraîchage très demandeur en phytosanitaires 177

1.5.1 Conduite technique et consommation en pesticides 177

1.5.2 Rentabilité économique 178

1.6 Les cultures sous serre : bananier et fruits rouges (fraisier et framboisier): une forte pression parasitaire 179

1.6.1. Traitements phytosanitaires 180

1.6.2 Rentabilité économique 180

1.7 Les oléagineux : le tournesol 181

1.5.1. Traitements phytosanitaires 181

1.7.2 Rentabilité économique 182

1.8 Les légumineuses 182

1.9 Arboriculture fruitière 183

1.10 Les plantes aromatiques : menthe 184

2. Comportement des agriculteurs, stratégies de protection des cultures et perception de l'environnement 185

2.1 Comportements de lutte systématique 186

2.1.1 Absence de prise en compte de la santé humaine et de l'environnement 186

2.1.2 Suivi des conseils techniques 189

2.2 Comportements de lutte raisonnée ou intégrée 190

2.2.1 Attrait économique 190

2.2. 2 Connaissance étendue des effets néfastes des pesticides sur l'environnement 192

3. Conséquences de l'usage des phytosanitaires sur la santé humaine et l'environnement 192

3.1 Bilan phytosanitaire : diversité des produits phytosanitaires et forte charge au niveau du bassin versant 193

3.2 Évaluation de la toxicité intrinsèque des matières actives phytosanitaires sur la santé humaine, la biodiversité et l'environnement 198

3.3 Rôle de l'itinéraire technique, de l'orientation culturale, des systèmes de cultures et des comportements des agriculteurs dans la variabilité des indicateurs (IRSA, IRTE et IFT) ... 202

3.4 Une pollution phytosanitaire diffuse en liaison avec la structuration de l'espace : gestion de l'iniquité spatiale et sociale..... 208

3.4.1 Une partie du territoire exemptée des traitements phytosanitaires 209

3.4.2 Pollution phytosanitaire diffuse en liaison avec la structuration de l'espace : gestion de l'iniquité spatiale et sociale 210

Conclusion du chapitre IX 215

CHAPITRE X 217

QUELLE STRATEGIE DE GESTION DE LA POLLUTION PHYTOSANITAIRE AU NIVEAU DU TERRITOIRE DE LA MERJA ZERGA : RESULTATS DU JEU DE SIMULATIONS SIMPHY 217

1. Présentation du jeu SimPhy : retour sur la démarche..... 218

1.1. Le territoire espace structuré, géré et perçu..... 218

1.2 Parties prenantes du territoire : les joueurs de SimPhy..... 218

1.3 Le support du jeu SimPhy : un modèle conceptuel autour de la plate-forme « Olympe »219

1. Analyse des résultats de la phase d'initiation : apprentissage et compréhension des contraintes des différents systèmes de production 219

3. Révélation des différentes stratégies d'adaptation et de gestion du risque sous contraintes règlementaires 220

4. Test d'une politique agricole : cas du Plan Maroc Vert au niveau du Gharb..... 225

4.1 Évolution des indicateurs économiques, de pression et des risques de toxicité humaine et environnementale..... 225

4.1.1 Amélioration de la situation économique des agriculteurs 225

4.1.2 Diminution des IRSA et des IRTE et génération des bonnes pratiques phytosanitaires 227

4.2 Mutation spatiale par évolution des assolements agricoles 228

5. Modèle conceptuel de jeu de simulation à améliorer..... 230

6. Quelle stratégie pour réduire la pollution phytosanitaire ?..... 232

6.1 Mesures à mettre en œuvre pour une meilleure gestion concertée des pesticides..... 233

6.1.1 Pour les agriculteurs 233

6.1.2 Commerçants de phytosanitaires.....235

6.1.3 Agence du Bassin Hydraulique du Sebou (ABHS).....235

6.1.4 Haut-Commissariat des Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD).....235
6.1.5 Ministère de la Santé.....235
6.1.6 Collectivités locales.....235
6.2 Suggestion d'alternatives à une lutte systématique pour une agriculture durable..... 236
6.3 La surveillance environnementale et le développement de la recherche-action..... 239
Conclusion du chapitre X..... 242
CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE..... 244
VERS DES SOLUTIONS DURABLES POUR UNE GESTION CONCERTEE DE LA POLLUTION PHYTOSANITAIRE AU NIVEAU D'UN TERRITOIRE A AGRICULTURE INTENSIVE 244
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES..... 247
1. Outils de gestion de la pollution phytosanitaire diffuse au niveau d'un territoire : couplage de SIG, des indicateurs et plate-forme technico-économique pour un jeu de simulation 247
2. Territoire pour une gestion concertée de la pollution phytosanitaire diffuse..... 248
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... 252
LISTE DES ABREVIATIONS 272
LISTE DES TABLEAUX..... 273
LISTES DES FIGURES..... 279
ANNEXES 284
ANNEXE 1. FICHE D'ENQUETE 285
ANNEXE 2. ITINERAIRES TECHNIQUES (ITK) UTILISES LORS DU JEU SimPhy..... 294
ANNEXE 3. TABLE DES PRIX DES PRODUCTIONS AU NIVEAU REGIONAL 296
ANNEXE 4. ASSOLEMENTS DES EXPLOITATIONS TYPES..... 297
ANNEXE 5. ITINERAIRES TECHNIQUES REPRESENTATIFS DE L'AGRICULTURE AU NIVEAU DU TERRITOIRE E LA MERJA ZERGA 304
ANNEXE 6: TOXICITE HUMAINE DES MATIERES ACTIVES APPLIQUEES AU NIVEAU DU TERRITOIRE DE LA MERJA ZERGA 332

INTRODUCTION GENERALE

"La même séquence mortelle a été remarquée partout : odeur du DDT dans la forêt, film huileux à la surface de l'eau, truites mortes le long des berges des ruisseaux. Tous les poissons analysés, vivants ou morts, avaient du DDT dans leurs tissus. L'une des plus sérieuses conséquences de la désinsectisation était, comme au Canada, l'extermination des organismes servant de nourriture à d'autres animaux : les insectes aquatiques et la faune du fond des cours d'eau se trouvaient réduits parfois des neuf dixièmes. Or, ces pertes se réparent lentement ; à la fin du second été suivant, la faune aquatique était encore rare - et même nulle dans l'une des rivières où 80 % des poissons avaient disparu."

Extrait, *Printemps silencieux*, pp. 141-142 (Carson 1962).

Le livre de Rachel Carson a déclenché une prise de conscience des problèmes de l'environnement. Cela s'est traduit par une implication des instances internationales par une déclaration de la Conférence Intergouvernementale sur l'utilisation rationnelle des pesticides et la conservation des ressources de la biosphère en 1962, un Congrès International à Helsinki en 1972 et une conférence des Nations Unies sur l'environnement confirmée par la réunion de Rio de Janeiro en juin 1992. Cette nécessité de protéger l'environnement s'explique à la fois par l'augmentation des effets négatifs des activités anthropiques sur les milieux naturels (érosion, changement climatique et pollutions diffuses) et une exigence d'un droit à l'environnement (Bontems et Rotillon 1998).

La pollution phytosanitaire diffuse pose un problème à l'interface de l'agriculture et de l'environnement. Cette pollution induit des problèmes de gestion (i) des eaux destinées à la consommation, (ii) de la qualité des produits agricoles et (iii) des écosystèmes aquatiques. La maîtrise et la réduction du niveau de la pollution phytosanitaire diffuse d'origine agricole sont devenues des enjeux majeurs pour la ressource en eau potable, la santé humaine et l'équilibre des écosystèmes dont les zones humides Ramsar[1].

Suite au Grenelle de l'environnement, les politiques publiques Française ont établi le plan Ecophyto 2018 qui préconise une diminution de l'utilisation des produits phytosanitaires de 50%. De son côté, le Maroc a mis en place la loi 10-95 qui a entouré le principe du pollueur payeur et la loi-cadre 99-12 portant le nom de la « charte nationale de l'environnement et du développement durable ». La diminution de l'usage des pesticides risque d'engendrer des pertes de rendements, une diminution de la valeur commerciale des produits agricoles et par conséquent, des pertes économiques pour les agriculteurs.

CONTEXTE SCIENTIFIQUE ET OBJECTIFS DE LA THESE

Les enjeux mentionnés ci-dessus autour de la pollution phytosanitaire ont conduit la société à interroger fortement la communauté scientifique. Parmi les interrogations on trouve la capacité de relier des pressions anthropiques et des pollutions par les pesticides à des impacts chimiques ou écologiques. Les réponses des scientifiques ont été envisagées par l'émergence d'études d'impact a priori (évaluation ex-ante des risques) et à posteriori (suivi post-homologation, diagnostics environnementaux, etc). La mise en œuvre de ces études

Convension de Ramsar[1] « *traité intergouvernemental qui sert de cadre d'action national et de cadre de coopération internationale pour la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides et de leurs ressources. Adoptée dans la ville iranienne de Ramsar en 1971, la convention est entrée en vigueur en 1975. Il s'agit du seul traité mondial sur l'environnement qui traite d'un écosystème particulier*». *http://www.mission-maroc.ch/fr/pages/117.html*

scientifiques sur le terrain a soulevé de nombreux problèmes méthodologiques, qui restent à surmonter. Ces problèmes méthodologiques se déclinent en de nombreuses questions de recherche notamment :

- le choix des modèles utilisés en évaluation des risques ;
- l'amélioration de la prise en compte des caractéristiques spatio-temporelles d'exposition dans l'évaluation des dangers et des risques ;
- la mise en relation des données d'exposition aux pesticides dans les différents compartiments de l'environnement (eaux, air, sols, organismes vivants) avec des effets biologiques ;
- la mise en relation des contaminations observées avec les pratiques des utilisateurs de pesticides d'une part, et les impacts environnementaux d'autre part.

En France dans le cadre de l'APR Pesticides 2009 « Convention n° 1591/2010 » du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, afin de répondre à ces questions de recherche se sont développés de nombreux projets de recherche. C'est le cas du projet « Gestion de la **T**oxicité en zone **Ram**sar » (acronyme « TRam »), dans lequel s'inscrit ma thèse de doctorat, qui a mis en place un partenariat entre les institutions françaises et marocaines de recherche. Ce projet interdisciplinaire, développé dans le cadre d'une démarche participative, se positionne comme une recherche "générique" en termes de méthodologie de gestion concertée reposant sur les complémentarités des systèmes de production au niveau d'un territoire. Il a pour objectif de concevoir une méthodologie permettant de tester les impacts agro-environnementaux et technico-économiques d'une réduction raisonnée de l'utilisation des pesticides et de simuler différents scénarios de pratiques agricoles en tenant compte de la viabilité économique des exploitations, de la durabilité écologique et de l'équité sociale au niveau d'un territoire. Ces scénarios ont été testés par les acteurs[2] concernés et serviront d'outils d'aide à la décision. TRam vise à apporter des solutions pour la prévention des impacts des pesticides sur la santé humaine et à préserver la qualité des écosystèmes naturels tout en maintenant une agriculture productive et économiquement viable. La mise en œuvre du projet TRam a eu lieu au niveau de deux territoires méditerranéens, situés en amant de zones humides Ramsar jumelées : l'étang de l'Or au sud-est de la France et la Merja Zerga au nord-ouest du Maroc.

Dans ce cadre, le travail de thèse intervient en complément des recherches relatives aux impacts des pesticides sur la santé humaine et l'environnement au niveau du territoire de la Merja Zerga. L'objet de ce travail de thèse, qui porte sur le territoire avec ses trois composantes de l'espace (structuré, géré et perçu) et l'emboitement de ses échelles spatiales (parcelle culturale, exploitation agricole et bassin versant) est de: i) comprendre les déterminants de la variabilité spatiale de la pollution phytosanitaire diffuse, ii) mettre au point des indicateurs quantifiables pour être capable d'évaluer les pratiques phytosanitaires et l'impact de leur localisation géographique, iii) proposer des scénarios alternatifs, par simulation, en utilisant des modèles agro-économiques et des jeux de simulations, qui maintiennent un niveau de revenu acceptable aux agriculteurs et qui réduisent les risques de toxicité sur la santé de l'applicateur et l'environnement.

L'approche adoptée est par essence même pluridisciplinaire, du fait d'une approche participative couvrant les domaines géographiques, agronomiques, informatiques, économiques et institutionnels. Elle est basée sur l'analyse spatiale et systémique de

[2] Les simulations ont été réalisées à l'aide des étudiants de l'IAV Hassen II et les techniciens et ingénieurs des ORMVA du Gharb et du Loukkos, compte tenu du taux fort de l'analphabétisme dans les agriculteurs.

l'emboîtement d'échelles spatiales. Elle repose sur l'utilisation conjointe et interactive de plusieurs outils interdisciplinaires situés à l'interface de la géographie et de l'agronomie: les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG), les indicateurs de pression et de toxicité, une plate-forme de modélisation technico-économique et un jeu de simulation au moyen desquels sont exploitées les données issues de la recherche bibliographique, des relevés de terrain par GPS, des enquêtes auprès des agriculteurs et des agents des ORMVA du Gharb et du Loukkos au Maroc.

ORGANISATION DE LA THESE

Le document de la thèse est constitué d'une introduction générale, trois parties avec un total de dix chapitres et une conclusion générale.

L'introduction générale est une mise en contexte de la recherche sur la problématique de la pollution phytosanitaire en zone Ramsar.

La **première partie** intitulée « État de l'art, problématique et objet de recherche » est composée de trois chapitres. Le **premier chapitre** est consacré à l'énoncé de la problématique. Dans celui-ci, il a été démontré l'indispensabilité des pesticides pour l'agriculture moderne, les enjeux liés à la pollution phytosanitaire diffuse d'origine agricole et les stratégies de gestion déployées et leurs lacunes. Le **deuxième chapitre** présente le cadre théorique de la recherche « Activités agricoles et environnement au carrefour de la géographie et de l'agronomie ». À ce niveau, sont présentés l'objet de recherche et les hypothèses à vérifier. Nous montrons comment la géographie, paradigme d'interface entre milieu naturel et société, et l'agronomie, science traitant les peuplements végétaux, offrent un cadre d'analyse pertinent pour l'étude des activités agricoles en lien avec la pollution phytosanitaire diffuse. Nous finissons cette partie par **un troisième chapitre** consacré à un état de l'art sur des outils d'aide à la décision pour une gestion d'une problématique environnementale qui peuvent nous être utiles. Ce chapitre constitue une évaluation des atouts et des lacunes des deux approches utilisées pour une gestion des problématiques environnementales d'origine agricole ; la modélisation participative et l'évaluation indirecte par des indicateurs. Il s'agit aussi du chapitre introductif de la deuxième partie. Après l'état de l'art sur la modélisation participative et sur les indicateurs agri-environnementaux, nous avons pu mettre en place une démarche méthodologique qui a fait l'objet de construction dans la deuxième partie.

La deuxième partie « Construction d'une méthode pour le diagnostic et la gestion de la pollution phytosanitaire diffuse d'origine agricole au niveau d'un territoire en situation d'information incomplète » vise le développement d'une méthodologie générique basée sur le couplage d'outils d'aide à la décision issus de la modélisation participative et de l'évaluation indirecte par des indicateurs agri-environnementaux. Cette partie est composée d'une suite de trois chapitres où nous avons conçu et/ou adapté les outils d'évaluation de la pollution phytosanitaire et d'aide à la décision pour la mise en place d'une stratégie de gestion concertée, dans le cadre d'une démarche participative et d'une conclusion. Au niveau du **quatrième chapitre**, nous justifions du choix de notre zone d'étude en liaison avec les enjeux socio-économique, environnemental et scientifique caractérisant le territoire de la Merja Zerga, et présentons le protocole d'acquisition des informations pour la construction des bases de données. Le **cinquième chapitre** est consacré à l'explication de la démarche suivie de façon à rendre compte des pratiques et de leur spatialisation. Il consiste à choisir et concevoir des outils pour la formalisation et la simplification d'une multitude de données afin de pouvoir analyser le territoire dans sa globalité en tant que système agricole. Le **sixième**

chapitre présente la démarche mise en place pour comprendre le lien entre l'organisation spatiale des activités agricoles, les stratégies des agriculteurs et la répartition de la pression et des risques de toxicité de la pollution phytosanitaires diffuses sur la santé humaine et l'environnement.

La troisième partie est consacrée aux résultats de la démarche adoptée. Intitulée « Une expérience de co-construction d'un modèle territorial et son utilisation dans une démarche participative pour faire émerger des stratégies de gestion et d'aménagement du territoire», elle a pour objectif l'application et la validation de la méthodologie construite dans la deuxième partie avec les parties prenantes ainsi que l'évaluation d'une éventuelle politique de réduction de l'usage des pesticides et des conséquences environnementales de la politique agricole actuelle. Elle s'articule autour de quatre chapitres et d'une conclusion. Le **septième chapitre** est une analyse descriptive du territoire de la Merja Zerga. Dans ce chapitre, nous avons démontré la complexité du système rural et agricole global auquel appartient la lagune (Merja Zerga). À cette étape de l'analyse nous avons cerné les principaux facteurs naturels et socio-économiques à l'origine de la pollution phytosanitaire diffuse au niveau global. Le **huitième chapitre** est consacré à l'évaluation de l'organisation interne du territoire de l'exploitation selon la structure et le mode de fonctionnement. Au terme de ce chapitre, nous avons pu grouper les exploitations en six types de systèmes de productions végétales selon un mode de fonctionnement spatial afin de pouvoir répondre à la question « Quels sont les systèmes de productions végétales types présents ? ». Cette simplification des systèmes de productions végétales nous a permis d'aborder la question des conséquences des pratiques phytosanitaires (risques de toxicité humaine et environnementale par la définition des pratiques phytosanitaires mises en œuvre au niveau du territoire) dans le **neuvième chapitre.** Afin de réduire cette pollution diffuse et ses conséquences, nous nous sommes posés la question au **dixième chapitre** : quelle stratégie de gestion concertée permet de réduire la pollution phytosanitaire diffuse ? À ce niveau, dans le cadre d'une approche participative et par le biais d'un jeu de simulation, nous avons testé une politique de réduction de la pression et des risques de toxicité humaine et environnementale par la mise en œuvre d'une règlementation ainsi que l'évaluation de la politique agricole actuelle « le Plan Maroc Vert ».

En **conclusion générale**, nous présentons les apports scientifiques dégagés par ce travail de recherche. Nous abordons dans un premier temps les apports méthodologiques issus d'un travail transdisciplinaire entre la géographie et l'agronomie. En revenant sur la pertinence relative des différents niveaux d'analyse et sur la nécessité d'une approche participative selon une entrée territoriale, nous examinerons la portée générale de notre démarche et nous en dégagerons des perspectives de recherche.

PARTIE I. ÉTAT DE L'ART, PROBLÉMATIQUE ET OBJET DE RECHERCHE

INTRODUCTION DE LA PREMIERE PARTIE

Cette première partie est consacrée à la problématique, à l'état de l'art à l'origine de la question de la thèse, aux hypothèses émises et aux orientations de recherches retenues en conséquence.

Dans le **chapitre I**, nous montrons dans une première section que l'usage des phytosanitaires est indispensable pour la protection des productions végétales. Dans une deuxième section, nous expliquons comment la présence des pesticides dans l'environnement, notamment dans les zones humides Ramsar, constitue un problème sanitaire et environnemental important. Dans une dernière section, nous présentons les solutions existantes pour l'évaluation de la problématique de la pollution phytosanitaire diffuse, dont l'examen nous amène à identifier et évaluer les pratiques agricoles à travers des indicateurs (de pression et de toxicité) pour proposer aux agriculteurs des nouvelles manières de faire et des itinéraires techniques plus « propres » ce qui est l'objet de cette thèse. Cet objet de recherche est largement traité, à la fois par les géographes et les agronomes, de plus en plus selon des objectifs de résolution de problèmes environnementaux. **Dans le chapitre II**, un rapide historique des paradigmes consacrés à la géographie et à l'agronomie permet de soulever la question du rôle du territoire dans la mise en place et la localisation des pratiques à impact environnemental. Nous nous plaçons dans la lignée de ces travaux, nous émettons des hypothèses dont dépendent les orientations données à ce travail. Ces hypothèses, explicitées concernent la prise en compte du territoire selon trois points de vue (espace structuré, géré et perçu), le choix d'unités spatiales emboîtées et intégrées et, en dernier lieu, celui de l'approche adéquate pour l'évaluation d'une problématique environnementale issue de l'interaction entre l'homme et la nature.

Dans **le chapitre III,** nous détaillons les méthodes et les outils qui semblent adéquats pour l'étude d'une problématique environnementale. De cette analyse nous choisissons ceux qui peuvent être utilisés ou adaptés à la problématique de la pollution phytosanitaire diffuse d'origine agricole avec la participation des acteurs ou parties prenantes.

CHAPITRE I

ENJEUX DE LA POLLUTION PHYTOSANITAIRE DIFFUSE ET STRATEGIES DE GESTION

L'augmentation considérable de la productivité agricole à la veille de la deuxième guerre mondiale n'aurait été possible sans la généralisation des intrants notamment les engrais et les pesticides. Cependant ces produits sont actuellement remis en cause du fait de leur impact sur la santé humaine et l'environnement. Pour faire face à ce fléau, les politiques internationales publiques et locales ont adoptés différentes stratégies de prévention et de lutte contre la pollution phytosanitaire diffuse dont la mise en œuvre reste une question posée à la géographie et à l'agronomie.

1. Les pesticides une nécessité pour une agriculture intensive

Le terme pesticide est issu du latin pestis (épidémie, fléau) et cædere (tuer). Selon le Code de conduite de la FAO sur la distribution et l'utilisation des pesticides, « *un pesticides est une substance ou association de substances qui est destinée à repousser, détruire ou combattre les maladies et ravageurs, y compris les vecteurs de maladies humaines et animales, et les espèces indésirables de champignons, de plantes ou d'animaux »* (FAO 2002). Les pesticides à usage agricole peuvent être désignés de différentes façons : produits phytopharmaceutiques pour la réglementation européenne (Directive 91/414/CE du 15 Juillet 1991), produits agro-pharmaceutiques pour les scientifiques agronomes et produits phytosanitaires pour les firmes qui les fabriquent et les vendent. Le décret n°94-359 du 5 mai 1994 de la réglementation française relatif au contrôle des produits phytopharmaceutiques désigne par **produits phytosanitaires «** *les substances actives et les préparations contenant une ou plusieurs substances actives qui sont présentes sous la forme dans laquelle elles sont livrées à l'utilisateur et destinées à* :

- *protéger les végétaux ou les produits végétaux contre tous les organismes nuisibles ou à prévenir leur action ;*

- *exercer une action sur les processus vitaux des végétaux, pour autant qu'il ne s'agisse pas de substances nutritives (par exemple, les régulateurs de croissance) ;*

- *assurer la conservation des produits végétaux, pour autant que les substances ou produits ne fassent pas l'objet de dispositions particulières du Conseil ou de la Commission concernant les agents conservateurs ;*

- *détruire les végétaux indésirables ».*

Pour une meilleure gestion, les pesticides ont été classés en plusieurs catégories mais, il existe plusieurs types de classifications. Chacune de celles-ci est faite suivant des critères bien déterminés (cibles, nature, formulation, familles chimiques…). Dans ce qui suit nous présentons les deux classifications utilisées dans notre étude. Il s'agit de la classification par catégories de cible et la classification suivant la formulation chimique.

La classification suivant la famille d'espèce cible est la plus courante. Les pesticides sont des substances dont la terminaison du nom en « cide » indique qu'ils ont pour fonction de tuer ou de lutter contre des nuisances d'origine biologique. En agriculture, les principales cibles des pesticides sont des organismes vivants variés. Mais les principales sont les champignons (fongicides), les mauvaises herbes (herbicides) et les insectes (insecticides). En plus de ces trois grandes familles d'autres produits existent, pour lutter contre les limaces (les

molluscicides), les rongeurs (les rodenticides), les nématodes (les nématicides), les corbeaux (les corvicides), pour désinfecter le sol (les fumigants), etc.

La classification des pesticides suivant la formulation chimique est aussi très importante, du fait qu'elle est l'une des principales variables de modulation de leurs toxicités (Samuel *et al*, 2007). Les pesticides sont regroupés selon la formulation chimique de la préparation commerciale (comme par exemple : Concentré émulsifiable ou émulsion (EC), Liquide (LI), Poudre (DU), Poudre mouillable (WP), etc) (Tableau 1). Selon leur type de formulation commerciale, les produits phytosanitaires peuvent se répartir en deux groupes de niveau de dangerosité : ceux à risque d'exposition faible et ceux à risque d'exposition élevé (Tableau 1).

Tableau 1. Dangerosité des pesticides suivant leur formulation chimique

Formulation à risque d'exposition faible	Formulation à risque d'exposition élevée
1. Comprimé (TA)	- Concentré émulsifiable ou émulsion (EC)
2. Générateur à décharge lente (SR)	- Liquide (LI)
3. Granulés mouillables (WG)	- Poudre (DU)
4. Granulés (GR)	- Poudre mouillable (WP)
5. Granulés solubles (SG)	- Poudre soluble (SP)
6. Organisme vivant (LO)	- Produit sous pression (PP)
7. Particules (PT)	- Solution (SN)
8. Pastille (PE)	- Suspension (SU)
9. Pâte (PA)	
10. Pâte granulée (DF)	
11. Solide (SO)	
12. Suspension en microcapsules (MS)	
13. Tissu imprégné (IF)	

Source : Samuel et al. 2007

Les produits phytosanitaires sont de grande importance pour l'agriculture intensive. Ils assurent la protection des productions agricoles et l'augmentation des rendements. Des études scientifiques ont révélés leur efficacité et fiabilité dans de nombreux cas, sur de grandes surfaces. Les résultats de la recherche conduite en irrigué dans les Doukkala au sud du Maroc sur le blé montrent que les pertes de rendement sont de l'ordre de 30 quintaux par hectare sans usage des herbicides et de 7 à 10 quintaux sans usage des fongicides. Les pertes liées au non-usage d'insecticides sont négligeables (Isenring 2010).

Au niveau mondial, la hausse des ventes de pesticides a atteint 15 % en moyenne. Elle a progressé de 24 % en Afrique, 20 % en Amérique latine, 16 % en Asie et 6 % en Amérique du Nord aux cours des dernières années (http://www.pleinchamp.com).

Au Maroc, l'importation, la fabrication, la vente, ou la distribution même à titre gratuit des produits pesticides à usage agricole est sujette aux conditions prévues par la loi 42-95 et de ses décrets d'application. L'absence d'unités de fabrication fait que 95 % de produit phytosanitaire sont importés prêt à l'emploi (en moyenne 15425 tonnes/an). Par contre 35 % à

45 % de ce qui est importé est reconditionné en petits emballages adaptés pour satisfaire les besoins des petits agriculteurs. Le marché des pesticides est tenu à 90 % par des entreprises privées et se chiffre à environ 730.4 millions de Dirhams (Crop Life Maroc 2011). D'après l'Association Marocaine des négociants Importateurs et formulateurs de produits PHYtosanitaires (AMIPHY) plus de 600 préparations commerciales sont importés et commercialisés au Maroc. Le tonnage de produits phytosanitaires ne cesse d'augmenter depuis 2005 (Figure 1).

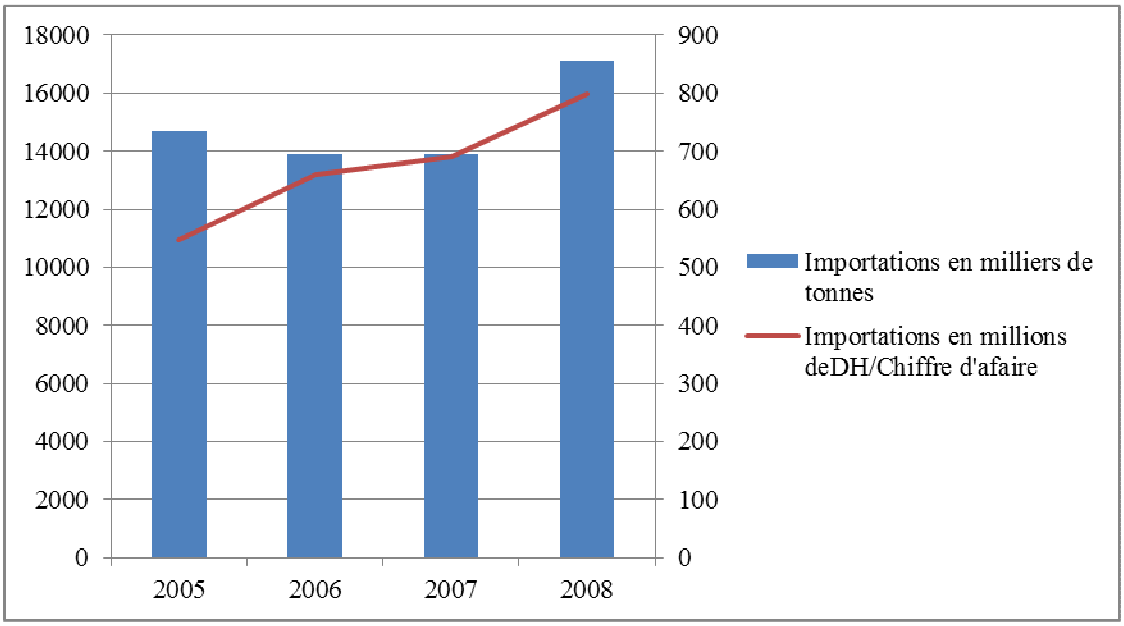


Figure 1. Statistiques des importations de pesticides au Maroc entre 2005 et 2009 en quantité et en valeur (Source : CropLife 2011)

Ces augmentations sont dues principalement au transfert des terres de l'État au privé dans le cadre du projet de partenariat public-privé, au lancement du Plan Maroc Vert, ainsi qu'à l'apparition de nouveaux ravageurs et maladies de cultures (Rovillé et Lavelle 2005). 831 spécialités commerciales de pesticides et 320 matières actives ont été recensées (Crop Life Maroc 2011). Les insecticides viennent en premier, avec des pourcentages allant de 35 % à 40 %, suivis par les fongicides avec 35 %, ensuite viennent les herbicides qui peuvent osciller entre 10 % et 15 % selon les années et les conditions climatiques (Crop Life Maroc 2011). À noter qu'une part du marché estimée entre 10 % et 15 % est issue de la contrebande et la contrefaçon (El Ouilani 2011).

Au Maroc les périmètres irrigués sont les principaux utilisateurs de produits phytosanitaires. Cependant, ces secteurs doivent relever de multiples défis pour assurer leur durabilité: ressources en eau insuffisantes, dégradation de l'environnement et notamment de la qualité des eaux et des sols (Debbarh 1999). Aux côtés des pollutions urbaines et industrielles, les pollutions agricoles par les nitrates et les pesticides sont pointées du doigt. Bien qu'encore peu documentés du fait du coût élevé des analyses (El Bakouri *et al.* 2008) les risques de pollution par les pesticides sont également une préoccupation majeure (ONEM 2005). Le secteur des fruits et légumes, essentiellement concentré dans quelques bassins de production, est particulièrement visé car c'est le plus grand consommateur de pesticides. Les cultures maraichères, malgré des surfaces réduites, consomment le plus de produits avec 35%, viennent ensuite les plantations arboricoles avec 30 %, les céréales 25 % et enfin les cultures industrielles et autres cultures avec10 % (Crop Life Maroc 2011).

2. Les enjeux de la pollution phytosanitaire d'origine agricole

En raison de leur toxicité et de leur écotoxicité, l'usage des pesticides peut s'avérer à l'origine de risques sanitaires et écologiques, d'une grande toxicité aigüe et chronique sur la santé humaine, d'une écotoxicité sur la faune et la flore non cible et d'une présence avérée dans l'alimentation et l'environnement. L'impact des pesticides sur l'environnement varie en fonction d'un grand nombre de facteurs comme la persistance du pesticide dans l'environnement (durée de demi-vie), le temps d'exposition et la dose, la sensibilité relative des organismes ou de l'écosystème exposé, l'âge de l'organisme exposé, la mobilité du composé et les conditions du milieu récepteur (topographie, sol, climat...).

2.1 Évaluation des risques sanitaires et écologiques des pesticides

L'évaluation du risque sanitaire et écologique des pesticides est un processus en quatre étapes : formulation du risque, analyse du risque « danger », analyse du risque « exposition » et caractérisation du risque (Devillers *et al.* 2005).

La formulation du risque humain se fait par une typologie de la population humaine cible. Deux sous populations sont à prendre en compte les opérateurs (personnes effectuant les traitements, personnes présentes sur les sites et Travailleurs entrant dans les cultures après les traitements) et les consommateurs eux-mêmes divisés en plusieurs catégories (nourrissants, enfants, adultes). Pour le risque écologique, il concerne tout l'environnement défini par la directive 91/414/CE comme étant « *L'eau, l'air, la terre, la faune et la flore sauvage, ainsi que toute interrelation entre ces divers éléments et toute relation existant entre eux et tout organisme vivant* ». Selon cette même directive les organismes vivants sont classés en plusieurs groupes (organismes aquatiques, abeilles, vers de terre, oiseaux…) (Commission européenne 1994).

Le risque sanitaire et écologique est défini par le danger lié à la toxicité intrinsèque de la matière active et l'exposition dans un environnement. Le danger est présenté par l'AOEL[3] pour l'opérateur[4], la DJA[5] pour le consommateur et les DL50[6], CL50[7] pour la toxicité aigüe et le NOEC[8]pour la toxicité chronique. L'exposition est conditionnée par le milieu récepteur. Elle est représentée par des facteurs de pondération liés à la dose appliquée et aux conditions d'application. L'exposition maximale pour le consommateur est fixée en fonction de la consommation alimentaire et des LMR (Limite Maximale de Résidu).pour les risques

[3] AOEL : (Acceptable Operator Exposure Level ou niveaux acceptables d'exposition pour l'opérateur) est la quantité maximum de substance active à laquelle l'opérateur peut être exposé quotidiennement, sans effet dangereux pour sa santé.

[4] Opérateur : personne assurant le traitement phytopharmaceutique sur le terrain.

5 DJA : La dose journalière admissible (DJA) d'un produit chimique est une estimation de la quantité de substance active présente dans les aliments ou l'eau de boisson qui peut être ingérée tous les jours pendant la vie entière, sans risque appréciable pour la santé du consommateur, compte tenu de tous les facteurs connus au moment de l'évaluation. Elle est exprimée en milligrammes de substance chimique par kilogramme de poids corporel (OMS, 1997).

[6] DL50 : dose létale de matière active qui, administrée en une seule fois à une population d'un animal, tue 50% de cette population.

[7] CL50 : concentration létale de matière active qui, administrée en une seule fois à une population d'un animal, tue 50 % de la population.

[8] NOEC : No Observed Effect ou également NOAEL (Non observed adverse effect level), dose en-dessous de laquelle aucun effet n'est observable chez l'animal.

écologiques, l'exposition est déterminée par les CEP (Concentrations Prévisibles dans l'Environnement) dans les eaux de surface et souterraines, l'air et le sol (Commission européenne 1994).

Le risque sanitaire est évalué par comparaison de l'exposition aux valeurs toxicologiques de référence. Si l'exposition est inférieure à ces valeurs, le risque prévisible est considéré comme acceptable. Le risque écologique est défini par comparaison des valeurs de toxicité à l'exposition potentielles des organismes, selon des modalités assez variables en fonction des organismes considérés (Devillers *et al.* 2005). Les voies d'exposition sont nombreuses (contact, ingestion, inhalation, …). Elles sont amplifiées par la toxicité intrinsèque (danger) de la matière active (exemple : R24: toxique par contact avec la peau, R25 : toxique en cas d'ingestion) (CE 1994).

2.2 Toxicité des pesticides et santé humaine

La toxicité humaine par les pesticides est caractérisée par deux types d'effets négatifs : les effets aigus et les effets chroniques.

Les effets aigus dont les symptômes (brûlures chimiques de la peau, des yeux et des voies respiratoires, lésions cutanées, effets neurologiques, troubles hépatiques, empoisonnement, mort) apparaissent dans les heures ou les jours qui suivent une exposition massive sont bien documentés. Les utilisateurs des produits phytosanitaires (professionnels) sont principalement concernés par ces effets.

Selon le Centre Antipoison du Maroc (CAPM 2010), les pesticides sont la deuxième cause d'intoxication dans le pays. Cette étude rétrospective de type descriptif, basée sur les données de toxicovigilance sur une durée de 19 ans (1989 et 2007) a révélé que les intoxications accidentelles par les pesticides sont le plus souvent en rapport avec des pesticides à usage agricole (54 %), suivis des pesticides à usage domestique (29,5 %) majoritairement organochlorés et les pesticides à usage d'hygiène publique (16 %) (Figure 2). Les insecticides (68 %) et les rodenticides (27 %) sont les principaux composés incriminés dans ces intoxications (Figure 3). Ces derniers sont attribués aux organophosphorés (61 %), suivie par les dérivés inorganiques (26,8 %) représentés exclusivement par le phosphure d'aluminium (Idrissi *et al.* 2010).

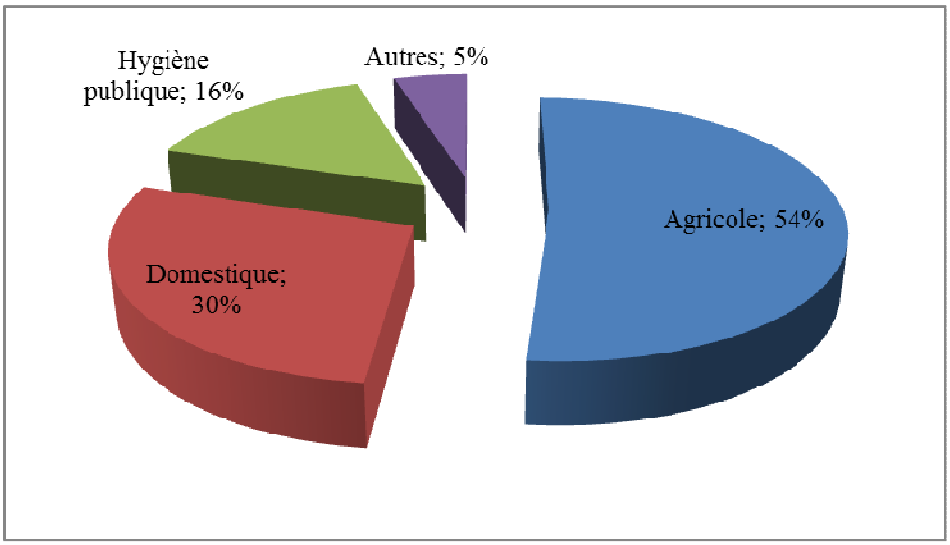


Figure 2. Répartition des intoxications accidentelles par les pesticides selon les usages (Source : CAPM 2010)

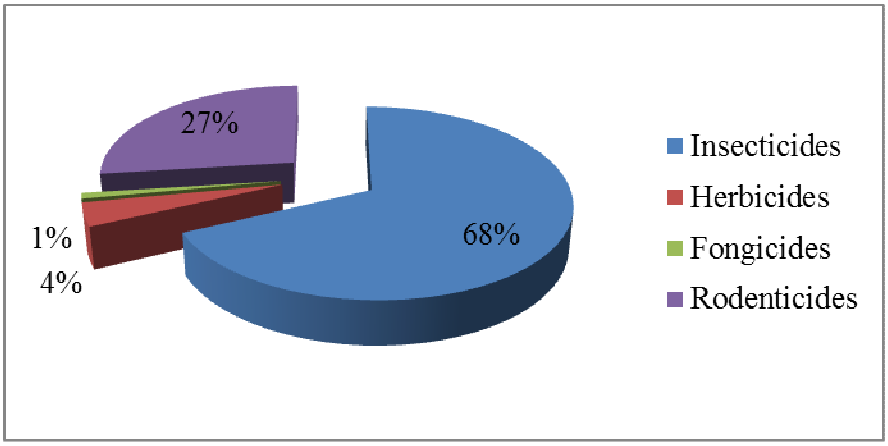


Figure 3. Principales familles de pesticides utilisées (Source : CAPM 2010)

Les létalités les plus élevées se rencontrent dans les régions à fort potentiel agricole, comme le cas de la région du Gharb Chrarda-Bni-Hssen, en rapport avec la grande disponibilité et le libre accès à des produits potentiellement dangereux. Les enfants de plus de 15 ans sont les plus touchés, 81,40 % contre 18,6 % chez les moins de 15 ans. Le sexe féminin est le plus dominant (58,6 %) (Idrissi *et al.* 2010).

Les effets chroniques, malgré les difficultés méthodologiques pour relier des effets survenant dans le long terme, sont induits par des expositions répétées à faibles doses et par la bioaccumulation des pesticides dans les tissus vivants. Les plus persistants, avec des propriétés de bioaccumulation, se retrouvent encore aujourd'hui dans l'ensemble de la population française, c'est le cas du DDT interdit depuis 30 ans. Plus de 150 études, menées dans 61 pays et régions du monde, ont démontré la présence de pesticides POP (Polluant Organique Persistant) dans les tissus adipeux, le cerveau, le sang, le lait maternel, le foie, le placenta, le sperme et le sang du cordon ombilical (Salter 1999).

Différentes études épidémiologiques ont mis en évidences les effets néfastes de la présence et la bioaccumulation des pesticides et de leurs métabolites sur la santé humaine à long terme tels que des dérèglements des systèmes de reproduction (Hileman *et al.* 1994), des systèmes endocriniens (Albrecht 1988), des systèmes immunitaires (Culliney *et al.* 1992) et des systèmes nerveux. D'autres études prouvent que certains herbicides pourraient être impliqués dans l'apparition de lymphomes malins, myélomes, leucémies et cancers du poumon (Provost *et al.* 2007). Nouzille (2006) suggère qu'une augmentation de risque d'apparition de cancer du sein de 39 % est liée à l'usage de pesticides. Un seul pesticide a un effet démontré sur la reproduction humaine, il s'agit du DBCP (dibromochloropropane) qui diminue la fertilité masculine. Mais de nombreux phénomènes sont étudiés: infertilité masculine, mort fœtale (Baldi 1998), prématurité, hypotrophie, retard de croissance intra utérin, malformations congénitales (Janssens 2002). Ces maladies engendrent des coûts élevés pour les caisses d'assurances maladies.

2.3 Écotoxicité et impact sur la faune et la flore non cible

En plus d'éradiquer les organismes nuisibles aux produits agricoles, les phytosanitaires nuisent aux organismes non cibles des écosystèmes terrestres et aquatiques. À l'échelle du globe terrestre, des scientifiques prédisent la perte d'ici la fin du présent siècle, en tant qu'espèces, d'un tiers des amphibiens, d'un quart des mammifères, d'un cinquième des plantes et d'un dixième des oiseaux (Cagan 2004).

Le mot écotoxicologie est cité pour la première fois en 1969 par Truhaut (Moriarty 1983). Il s'agit d'une extension du terme toxicologie, science étudiant les effets d'un polluant sur un organisme, à l'étude des effets sur un écosystème. Il n'existe actuellement pas de véritable consensus sur la définition de l'écotoxicologie (Forbes et Forbes 1997), les limites entre toxicologie et écotoxicologie étant assez floues. De manière simple on peut cependant dire qu'il s'agit du domaine qui intègre les effets écologiques et toxicologiques des pollutions chimiques sur les populations, les communautés et les écosystèmes avec le devenir (transport, transformation et dégradation) de ces polluants dans l'environnement (Forbes et Forbes 1997).

Dans ce qui suit, nous allons détailler les effets aigus et chroniques des phytosanitaires sur certains organismes vivants du territoire de la Merja Zerga : les abeilles, les oiseaux et les organismes aquatiques (poissons, daphnies, algues et plantes aquatiques).

1.3.1 Effets sur les invertébrés pollinisateurs : cas de l'abeille domestique (Apis mellifera)

L'abeille domestique (Apis mellifera) est de grande importance économique pour l'agriculteur en tant qu'espèce productrice de nombreux produits (miel, pollen, cire), ainsi qu'auxiliaire de pollinisation. De nombreuses études scientifiques ont prouvé que la valeur des productions entomophiles dépasse celui de la production des ruches (Southwick 1992). D'autre ont démontré qu'un tiers de l'alimentation humaine est influencé par la pollinisation (Isenring 2010).

Comme pour un grand nombre de pollinisateurs la chute des populations d'abeille domestique induite par la pollution phytosanitaire a été prouvée par les scientifiques (Isenring 2010). Les effets peuvent être aigues et/ou chroniques. Les intoxications aiguës entrainent assez souvent la mort de l'abeille.

Si l'intoxication aigue ne cause pas la mort de l'abeille, elle peut induire des effets sub-létaux connus, comme par exemple le dysfonctionnement de la mémoire olfactive, de la motricité et de l'orientation et du comportement alimentaire (Vidal-Naquet 2008). Elle est la cause de l'arrêt de ponte de la reine et même sa mort, ainsi que de l'atrophie des larves (Réseau d'Avertissements Phytosanitaires 2009), malgré les évaluations des risques phytosanitaires à homologuer par des essais d'écotoxicité sur les abeilles (Directive 91/14/CE).

2.3.2 Effets sur les invertébrés du sol : exemple des vers de terre

Les vers de terre sont des habitants du sol de grande variété. On distingue trois catégories (Rovillé et Lavelle 2005) : les épigés, les plus petits, agissent en surface, se nourrissent directement de matière organique et de végétaux en décomposition ; les endogés, de taille moyenne, creusent de profondes galeries et se nourrissent de terre mélangée à la matière organique et les anéciques, les plus gros, cherchent leur nourriture à la surface du sol puis la distribuent en profondeur grâce aux galeries verticales qu'ils creusent. Ces organismes jouent un rôle primordial dans le recyclage de la matière organique et l'enrichissement des sols et favorisent l'alimentation et la croissance des végétaux. Les vers de terre sont même utilisés en agriculture comme composteur. Ils peuvent être contaminés par les phytosanitaires soit directement par des résidus présents dans l'air, soit indirectement par un substrat pollué par les phytosanitaires. Ainsi la catégorie de l'organisme et son activité conditionnent la contamination du vers de terre (Jagers op Akkerhuis et Hamers 1992). La pollution de l'environnement agricole par les pesticides a entraîné le déclin d'un grand nombre de taxons de vers de terre (Jagers op Akkerhuis et Hamers 1992). L'écotoxicité des produits phytosanitaires pour les vers de terre, surtout les vers de terre épigés, fait l'objet d'investigations systématiques impliquant des essais de laboratoire pour l'évaluation des

risques (Directive 91/14/CE). Ces essais sont faits sur des vers de terre dont la sensibilité pour les pesticides est reconnue (Hassan 1998).

2.3.3. Effets sur les oiseaux

L'exposition des oiseaux à la pollution phytosanitaire peut avoir lieu par contact direct, inhalation et ingestion d'aliments pollués. La voie alimentaire est considérée par les scientifiques comme la principale voie d'exposition des oiseaux (CE 2000; Anses 2010) surtout pour des oiseaux granivores ou herbivores (Brewer *et al.* 2003). Le déclin des populations d'oiseaux associées aux terres cultivées a été prouvé par plusieurs études scientifiques (Tucker et Heath 1994; Baillie *et al.* 2005) comme par exemple le cas de la perdrix grise, oiseau gibier victime des herbicides (Moore et Waring 1998). L'exposition aux pesticides peut entrainer aussi des effets sub-létaux. Ces effets sub-létaux sont nombreux: changement de comportement suite à une perturbation du système nerveux (Bishop *et al.* 2000), diminution des pontes et fragilisation des coquilles des œufs (Ramade 2005; Regnault-Roger 2005), etc. Ces différents effets néfastes sur les oiseaux et surtout les gibiers font l'objet d'études d'écotoxicité pour les matières actives à homologuer (Directive 91/14/CE).

2.3.4. Effets sur les organismes aquatiques

La contamination des écosystèmes aquatiques se fait soit par dérive, re-dépôts atmosphérique (Trevisan *et al*. 1999) ou par ruissellement et drainage (Kladivko *et al*. 2004).

Les apports en polluants phytosanitaires en milieux aquatiques se caractérisent souvent par des variabilités temporelles : des pics suite à des épisodes pluvieux ou à des crues (Neumann *et al*. 2003).

La contamination est d'autant plus élevée que la surface du bassin versant est petite (Schulz et De Jong 2004). Des études scientifiques ont prouvé l'écotoxicité des apports phytosanitaires sur les organismes aquatiques (comme exemple : poissons, daphnies, algues et plantes aquatiques). De nombreuses publications ont été consacrées aux toxicités aigües des pesticides sur les poissons depuis les années cinquante (Cope et Springer 1958; Mount et Putnicki 1966; Gibson *et al.* 1969; Balint *et al.* 1997; Brown 1978). Les effets aigus des pesticides sont soit la mort massive de poissons (PEI, 2000) soit des effets létaux et sub-létaux comme des effets d'interférence olfactive (Moore et Waring 1998), perturbation des activités enzymatiques, des dommages aux reins chez les poissons comme la truite arc-en-ciel (Oncorhynchus mykiss) (Graymore *et al.* 2001), des changements dans les comportements de nage et les habitudes de regroupement chez des espèces comme le poisson zèbre (Brachydanio rerio) (Aubertot *et al.* 2005), des perturbations endocriniennes (Brown *et al.* 2001).

L'écotoxicité est conditionnée par la forme chimique de la matière active et les voies de transfert. Des études ont montré que les drainages et le ruissellements sont les principales voies de transfert des pesticides dans l'environnement aquatique (Neumann *et al.* 2003). Elle dépend aussi de l'anatomie de l'organisme. Même si historiquement les poissons sont les premiers organismes aquatiques à être étudiés du fait de leur intérêt socio-économique pour l'homme, ce ne sont pas les plus sensibles aux pesticides (Solbe *et al.* 1985). Les daphnies sont plus sensibles (les valeurs de concentrations létales en mg/l de 50 % de la population d'essai (CL50) en 48 heures sur Daphnia magna et en 96 heures pour un poisson « Oncorhynchus mykiss » (Footprint 2011) au point d'être utilisés comme des bio-indicateurs de la santé et la pérennité des environnements aquatiques par différentes instances internationales (OCDE 1998; USEPA 2002).

L'écotoxicité des pesticides est fonction de la molécule, de sa concentration dans le milieu et de l'espèce végétale exposée (Verdisson et Audràn 1999). Par exemple les algues et les plantes aquatiques sont plus sensibles aux herbicides. Ces derniers sont la cause des inhibitions des photosystèmes (Wangberg 1995; Guasch *et al.* 1999). Ils ont provoqués aussi la dégradation de nombreuses zones humides littorales (Leggett *et al.* 1995). La Merja Zerga objet de notre étude est une des zones humides les plus affectée par les pesticides (Mehdaoui *et al.* 2000).

2.4 Présence avérée des pesticides dans l'alimentation et l'environnement

Les produits phytosanitaires sont une source de contamination pour les végétaux traités par interception par les différents organes de la plante (feuilles, tiges, racines, fruits, etc). L'interception des composés phytosanitaires est régie par les propriétés physicochimiques du composé phytosanitaire et la physiologie de la plante. Des études scientifiques ont prouvé une contamination des fruits et légumes traités par des phytosanitaires. Par exemple au Maroc, une étude faite par l'EACCE (l'Établissement Autonome de Contrôle et de Coordination des exportations) sur des échantillons de produits alimentaires destinés à l'export en 2005-2006 a montré que 1,39 % des échantillons d'agrumes, 4,83 % des fruits et légumes primeurs et 11,5% des échantillons de menthe excédaient les Limites Maximales de Résidus (LMR) des pays de destination (Ben Marzouq 2007).

La présence des résidus de pesticides dans les produits agricoles diminue leur valeur commerciale surtout pour des consommateurs sensibles aux conditions environnementales de production. Un sondage réalisé en 2005 par Eurobaromètre sur les préoccupations des européens en matière de sécurité alimentaire a montré que pour 71% des personnes interrogées leur première préoccupation est la présence de résidus de pesticides dans les aliments (PAN Europe et MDRGF 2008). Mais les pesticides ne se limitent pas qu'aux plantes et leurs produits alimentaires dérivés, ils contaminent l'environnement avec ses trois compartiments (air, sol et eau). Un nombre complexe de mécanismes régissent la diffusion des molécules phytosanitaires dans l'environnement. Les rejets diffus constituent la source principale de contamination[9] et de pollution[10] en milieu agricole. Leur diffusion est conditionnée par certains facteurs majeurs : propriétés physicochimiques de la matière active (solubilité dans l'eau, ionisation, volatilité, persistance, mobilité …), propriété du sol (texture, structure, taux de matière organique, taux d'humidité…), milieu et technique d'application, conditions climatiques, conditions hydrogéologiques et conditions topographiques. Des études scientifiques ont montré la présences de molécules phytosanitaires dans des endroits qui n'ont jamais été traités (Paterson *et al.* 1990). Le devenir de ces molécules phytosanitaires est régi par certains mécanismes: transfert vers l'air (Novotny et Chesters 1981), dérive (Van der Werf 1996), interception par les plantes, dispersion dans le sol, transferts vers les eaux de

---

[9] Contamination : « *définie comme la présence anormale de substances, micro-organismes, dans un compartiment de l'environnement. Pour tous les pesticides de synthèse, on peut donc parler formellement de contamination y compris pour les sols agricoles, même si la présence de pesticides y est attendue et volontaire (ce qui n'est pas le cas pour les milieux aquatiques, par exemple)* » (Expertise scientifique collective l'INRA et le Cemagref, 2005) http://www6.paris.inra.fr/depe/Projets/Pesticides-agriculture-et-environnement

[10] Pollution :"*l'introduction directe ou indirecte, par suite de l'activité humaine, de substances ou de chaleur dans l'air, l'eau ou le sol, susceptibles de porter atteinte à la santé humaine ou à la qualité des écosystèmes aquatiques ou des écosystèmes terrestres, qui entraînent des détériorations aux biens matériels, une détérioration ou une entrave à l'agrément de l'environnement ou à d'autres utilisations légitimes de ce dernier. La contamination atteint un niveau seuil où elle produit des dommages, des déséquilibres ou des effets nocifs et interfère avec le bien-être des organismes vivants*" (Directive Européenne 2000/60/CE du 23 octobre 2000).

surfaces et souterraines (Horton, 1933 *in* Cros-Cayot 1996), le ruissellement par saturation (Dunne, 1970 *in* Cros-Cayot 1996)), le ruissellement de sub-surface ou hypodermique sol (Leavesley et *al*. ,1990 cité par Louchart 1999) et l'infiltration vers les aquifères (Colin 2000). La Figure 4 illustre les mécanismes de dispersion des phytosanitaires dans chacun des compartiments de l'environnement.

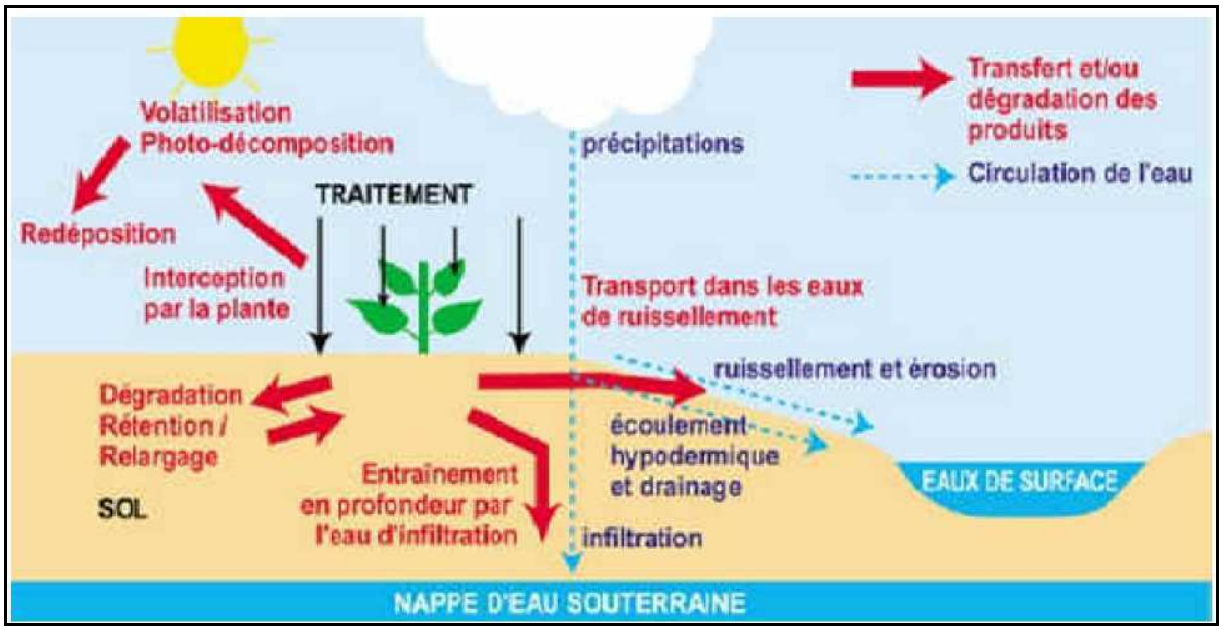


Figure 4. Devenir des produits phytosanitaires dans l'environnement (CORPEN 1996)

La pollution de « l'environnement eau » par les pesticides entraine des nuisances au niveau de leur potabilisation. En France, des études faites par l'IFEN (IFEN 2002, 2004, 2006, 2007) ont fait état d'une contamination quasi-généralisée des eaux souterraines et de surface par une ou plusieurs substances. C'est le cas aussi du Maroc où de nombreuses masses d'eaux et zones humides sont contaminées par les pesticides (Mehdaoui *et al.* 2000).

Du fait des inconvénients des pesticides, une plus grande prévention des risques est considérée aujourd'hui comme un préalable nécessaire pour la préservation de la santé humaine et de la biodiversité et reste indissociable de la recherche de solutions pour réduire, rationaliser et remplacer l'usage des pesticides.

3. Stratégies de gestion environnementales et lutte contre la pollution phytosanitaire diffuse présentant des lacunes

Les stratégies de gestion environnementale et de lutte contre les pollutions se sont concrétisées au niveau international par la ratification de nombreuses conventions transposées au niveau national par un cadre législatif et règlementaire.

Les instances internationales ont pris conscience des catastrophes écologiques causées par les activités anthropiques au lendemain de la deuxième guerre mondiale. Cette prise de conscience s'est concrétisée par des conférences internationales et la ratification de nombreuses conventions dédiées à la conservation des ressources naturelles et de l'environnement. Le Maroc et la France sont signataires de certaines de ces conventions où l'agriculture constitue un élément central. Il s'agit de la convention Ramsar, la convention de Rio pour les deux pays et de Convention d'Aarhus par la France.

La convention Ramsar sur les zones humides est un traité intergouvernemental qui sert de cadre à l'action nationale et à la coopération internationale en matière de conservation et d'utilisation rationnelle des zones humides et de leurs ressources. Adoptée en 1971 à Ramsar, en Iran, elle est entrée en vigueur en 1975. Il s'agit du seul traité mondial sur l'environnement qui porte sur un écosystème particulier. Définies comme des milieux saturés en eau en permanence ou selon les saisons, les zones humides jouent un rôle majeur dans les équilibres bio-économiques et présentent de grands intérêts pour la collectivité. (Hovelaque *et al.* 1996) soutiennent qu'elles ont trois grands types de fonction: (i) une fonction physique relative aux possibilités de régulation des crues ou de limitation des sécheresses, (ii) une fonction écologique relative à l'existence d'écosystèmes servant de réservoir de biodiversité et aussi à leurs capacités auto-épuratrices et (iii) une fonction économique relative à la production de poissons, de coquillages, de fourrage et d'autres produits, et par le fait de favoriser les activités touristiques liées à la pêche, la chasse et l'agrément du paysage. La ratification tardive de la Convention de Ramsar, est à l'origine de l'assèchement et de la pollution de nombreuses zones humides au Maroc et la pollution très lourde et destructrice de la faune et de la flore aquatiques. Des recherches récentes indiquent que dans plus de 80 % des écosystèmes d'eau continentale, la biodiversité (espèces et habitats) a subi une dégradation totale ou partielle (Mignolet et Guiot 1995). Cette situation est une conséquence d'une modernisation de l'agriculture durant les dernières décennies au détriment des zones humides. En plus, les prélèvements par pompages ou dérivations des eaux des zones humides pour l'irrigation a réduit les surfaces des plans d'eau et mis en danger la conservation des sites. Au Maroc, cinq bassins hydrauliques sur les huit que compte le pays sont en stress hydrique et les aquifères côtières sont gravement menacés (Aït El Kadi et Benoit 2010).

La convention de Rio est l'aboutissement de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement adoptée à Stockholm le 16 juin 1972, et de la réunion de Rio de Janeiro en juin 1992. La convention de Rio sur la biodiversité a inscrit la préservation des ressources naturelles et de l'environnement dans un cadre officiel plus global: le développement durable (Beaud *et al.* 1993). Suivant cette conception, la préservation de l'environnement implique une rentabilité économique, une acceptabilité sociale et une conservation des biens et des patrimoines naturels et culturels. Dans le cadre du développement durable, l'agriculture constitue un élément central. La recherche de la durabilité agricole (Young 1991) implique une application des critères du développement durable (un système de production viable au plan économique, la préservation et la valorisation des ressources naturelles de base de l'exploitation agricole et la préservation ou la valorisation d'autres écosystèmes affectés par les activités agricoles (OCDE 1993). L'agenda 21 pour le 21e siècle, a mis clairement en évidence que le développement doit être conçu et réalisé avec les citoyens, pour eux et pour leurs descendants.

La convention sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement, dite Convention d'Aarhus, a été signée lors de la quatrième Conférence ministérielle «Un environnement pour l'Europe» à Aarhus (Danemark) le 25 juin 1998. Cette convention a été rédigée dans le cadre de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies (CEE-ONU), en application du Principe 10 de la Déclaration de Rio (1992).

Dans le domaine de l'eau, l'implication du Maroc s'est concrétisée par :

- L'inscription des zones humides appropriées sur la liste des zones humides d'importance internationale : Cas de la Merja Zerga ;

- La mise en place de législations pertinentes de politiques et de mesures de gestion pour la protection et la conservation des zones humides classées Ramsar et de leurs biodiversités ;
- La promologation de la loi 10-95 au Maroc ;
- La mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE), et sa transposition en France par la loi n° 2004-338 du 21 avril 2004**.**

Parmi les apports du cadre législatif mentionné, figure la contribution à l'amélioration de la situation environnementale des ressources en eau nationales dont la lutte contre la pollution.

Dans le domaine de l'agriculture, depuis 2008, le Maroc s'est doté d'une nouvelle politique agricole « Le Plan Maroc Vert ». Cette politique place l'agriculture au cœur du développement économique et social du pays. Les objectifs fixés par ce Plan Maroc Vert[11] sont : (i) une amélioration des revenus des agriculteurs, (ii) une meilleure gestion des productions afin d'assurer la sécurité alimentaire du pays, (iii) une protection des ressources naturelles des différentes régions et (iv) une meilleure intégration de l'agriculture marocaine au marché national et international qui passe par une meilleure gestion des produits phytosanitaires. Le Plan Maroc Vert s'articule autour de deux piliers :

- le pilier I vise le développement accéléré d'une agriculture moderne, compétitive, à haute valeur ajoutée et adaptée aux règles du marché ;

- le pilier II vise la mise à niveau des acteurs fragiles et la lutte contre la pauvreté rurale à travers l'amélioration du revenu agricole.

La déclinaison du Plan Maroc Vert en plans agricoles régionaux consiste à construire une vision territoriale, respectant dans la mesure du possible l'équilibre entre les deux piliers et permettant un développement durable à tous les acteurs concernés.

Afin de renforcer la politique du Plan Maroc Vert, il a eu la mise en place du projet de loi-cadre 99-12 portant sur la charte nationale de l'environnement et du développement durable. Cette charte repose sur un ensemble de valeurs et principes au nombre de neuf : le développement durable, l'intégration de la composante environnementale dans la programmation et la mise en œuvre de politiques concertées, la participation du publique dans les décisions relatives à la protection et la valorisation de l'environnement, la recherche-développement, la protection et la valorisation du patrimoine naturel et culturel, l'adoption de modes d'exploitations, de productions et de consommations responsables, la prévention des impacts et des risques sur l'environnement et la santé, la précaution face aux risques environnementaux et sociétaux insuffisamment connus par le biais des expertises et la responsabilité de toute personne physique ou morale d'un dommage causé à l'environnement conformément au principe du pollueur-payeur.

Les questionnements sur les usages des pesticides, leur dispersion dans l'environnement, leurs impacts écologiques et la recherche de solutions permettant d'envisager une alternative ou une réduction de ces usages, voire dans certains cas de pouvoir se passer de ces substances, sont à l'origine d'une demande sociétale forte et multiforme, qui se traduit notamment par l'objectif issu du Grenelle de l'Environnement qui a pour objectif, dans le cas de la France, de réduire de moitié les usages des pesticides d'ici 2018, si possible (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche 2008).

De l'autre coté de la Méditerranée, à l'échelle de l'Europe et de la France, de nombreuses actions plus avancées, en cours de mise en place ou à venir, font par ailleurs explicitement

[11] http://www.entreprendre.ma/Plan-Maroc-Vert-ce-que-produira-chaque-region_a1929.html

référence à la problématique de l'utilisation des pesticides, aux risques associés à cette utilisation et à la nécessaire évolution des pratiques:

- Réforme de la Politique Agricole Commune et mise en place de la conditionnalité agricole;
- Second plan d'action (2009-2011) de l'Observatoire des Résidus de Pesticides[12];
- Plan Interministériel de Réduction des Risques liés aux Pesticides[13] 2009-2013 et plan Ecophyto 2018 qui préconise une diminution de l'utilisation des produits phytosanitaires de 50 %;
- Projet de Directive Cadre européenne sur les pesticides[14].

Dans toutes ces politiques la dimension territoriale est affichée comme essentielle à l'internalisation des externalités positives et négatives de l'agriculture (Mollard 2003; Berriet-Solliec et Déprés 2004). Définie par Lacroix *et al.* 2004 « comme *une différenciation des espaces à la fois selon les objectifs à atteindre et les moyens à mettre en œuvre, en vue de réduire la pollution là où cela est le plus efficace et le moins coûteux* ». L'approche territoriale privilégie la dimension socio-territoriale. Elle valorise un territoire, ses hommes, sa culture, ses potentialités (Gonin et Vaudois 1993). Bien que la territorialisation soit vue comme un mécanisme permettant une adaptation des politiques agricoles aux attentes de la société, un Travail de concertation et de coordination s'impose afin d'aboutir à une même représentation des territoires et des enjeux associés et un sentiment d'appropriation du territoire.

Dans le cadre de cette réflexion une question se pose : comment ces politiques vont mettre en œuvre cette territorialisation dans le contexte d'une agriculture intensive basée sur des intrants et sources de risques de toxicité pour la santé humaine et la biodiversité et où la définition du territoire change d'un acteur à l'autre ? La pollution phytosanitaire diffuse est un phénomène complexe. Son processus de diffusion ignore toute limite qu'elle soit parcellaire ou d'exploitation ou autre. Sa gestion nécessite la définition d'un territoire où les actions à entreprendre telles que l'organisation spatiale des cultures et la modification des pratiques agricoles nécessitent une coopération entre les agriculteurs sur des espaces voisins reliés entre eux par des fonctionnements biologiques et physiques (hydrographie). Or, le contexte économique conduit les agriculteurs à avoir des logiques productivistes et individuelle ou du moins par types d'exploitation agricoles. Ces logiques se traduisent par une gestion qui se limite au territoire de l'exploitation, sans tenir compte de la flexibilité des différents systèmes de production en termes de gestion des produits phytosanitaires et de continuité des phénomènes physiques. Pour traiter de l'objet territoire « *devenu plus urbain (que rural) et plus rural qu'agricole […] l'agronome doit s'extraire de la parcelle et de l'exploitation agricole* » affirmait Bertrand *in* (Aubry 2007) et chercher des représentation d'un territoire approprié par des parties concernées par une problématique environnementale. Les modalités de construction d'un territoire approprié par les acteurs se procèdent d'une identification médiatisée par des représentations spatiales partagées. La participation des acteurs garantit une meilleure appropriation du territoire et permet une mobilisation accrue dans la mise en œuvre des actions (Renard et Picouet 1993). Ainsi, la définition au niveau du territoire ou des territoires des systèmes de culture raisonnés, de même que la prescription de certaines

[12] http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr

[13] http://agriculture.gouv.fr/sections/magazine/focus/phyto-2018-plan-pour/ecophyto-2018-plan-pour6154/downloadFile /FichierAttache_5_f0/PLAN_ECOPHYTO_2018.pdf?nocache=1221140711.3

[14] http://europa.eu.int/comm/environment/ppps/home.htm

pratiques d'aménagement de l'espace, ne peuvent s'abstraire de la définition et de la compréhension des pratiques et des systèmes de culture existant. C'est donc toute la question des déterminants des pratiques agricoles qui nous intéresse. Partant du postulat que la construction d'une représentation commune constitue la base pour la prescription de pratiques agricoles et phytosanitaires raisonnées permettant une diminution des niveaux des pollutions phytosanitaires diffuses, nous nous sommes intéressés à la façon dont les géographes et les agronomes ont traité cette thématique.

Conclusion du chapitre I

Malgré les avantages apportés à l'agriculture par l'augmentation des rendements et l'amélioration des qualités des produits agricoles, les produits phytosanitaires présentent des risques et des impacts considérables et même irréversibles dans certains cas. Leur diffusion dans divers compartiments de l'environnement par le biais de plusieurs processus et mécanismes est à l'origine des dégradations de son écosystème. Une fois que ces produits phytosanitaires se retrouvent dans l'eau, l'air et le sol, ils peuvent sans difficulté contaminer les hommes et les organismes non cibles vivant dans cet environnement. Leur bioaccumulation dans ces organismes engendre une multitude de risques d'atteinte de certaines maladies à court et à long terme de troubles biologiques. Ces effets se traduisent par des pertes économiques et agronomiques tel que, le coût élevé des traitements des eaux potables, la baisse de la valeur des produits agricoles sur le marché, (Rabelais 1995) n'a-t-il pas écrit « *Science sans conscience n'est que ruine de l'âme* » ? Ces enjeux économiques, agronomiques et environnementaux ont poussé les politiques à prendre plusieurs dispositions pour la gestion de la pollution phytosanitaire et intégrer l'aspect environnemental comme une contrainte obligatoire dans les processus de décision pour atteindre des objectifs socio-économiques escomptés. Ces dispositions s'inscrivent dans différentes échelles géographiques, du local au mondial avec reconnaissance de l'autonomie des territoires. Dans ce contexte, la complexité de la pollution phytosanitaire diffuse se traduit par la question sur le territoire représentant des systèmes multi-niveaux et multi-acteurs, qui reste poser ?

Dans ce contexte, l'agronomie est interpellée par les interactions entre les activités agricoles, les processus environnementaux et les dynamiques des territoires. Elle articule les dimensions techniques, écologiques et sociales des systèmes étudiés, pour mieux répondre aux demandes de la société à l'égard de l'agriculture et des fonctions multiples qui lui sont assignées. Ces questionnements appellent au développement de nouveaux concepts, méthodes et outils au sein même de l'agronomie et dans ses relations avec les autres disciplines. Cette position fait de l'agronomie « *une science de l'action, une technologie et une écologie appliquées à la production des peuplements de plantes cultivées et à l'aménagement des territoires agricoles* » (Hénin 1967). Dans notre contexte scientifique et de Travail interdisciplinaire, l'appel à l'appui de la géographie est indispensable, car la parcelle, l'exploitation et toutes les formes d'emprises spatiales agricoles ne sont que des éléments parmi d'autres « *dans une mosaïque géographique morcelée et instable soumise à de multiples stratégies économiques et valeurs culturelles contradictoires* » (Papy 2001). « *La géo-agronomie renvoie à un champ qui réfère aux deux disciplines. La géo-agronomie s'intéresse aux objets géographiques tels que les structures et les dynamiques spatiales des phénomènes et des activités, le paysage… auxquels sont appliquées et ajustées les analyses et la théorie de l'agronomie, notamment de l'agronomie des façons de produire qui relient le climat, le sol, les plantes et les techniques. Elle mobilise la théorie géographique, la répartition spatiale et l'organisation dans l'approche des objets de l'agronomie tels que les pratiques, l'itinéraire technique, la succession de cultures, les systèmes de culture. L'articulation entre la géographie et*

l'agronomie se fait par référence à des questionnements communs sur le territoire » (Deffontaines 2006 b). Ces concepts, et leur articulation entre la géographie et l'agronomie, feront l'objet d'un état de l'art plus détaillé dans le chapitre suivant.

CHAPITRE II

ACTIVITES AGRICOLES ET ENVIRONNEMENT AU CARREFOUR DE LA GEOGRAPHIE ET DE L'AGRONOMIE

Les préoccupations politiques et sociétales des problématiques environnementales liées à l'agriculture, se sont accompagnées de recherches scientifiques. Si au début du 20e siècle l'environnement n'était pas une préoccupation des chercheurs, après la deuxième guerre mondiale, la révolution de l'agriculture a mis l'environnement au cœur des études et des analyses d'impacts des activités humaines. Dans ce chapitre nous allons démontrer que la compréhension d'une problématique environnementale d'origine agricole est située à l'interface de la géographie et de l'agronomie : la géographie, parce qu'elle se revendique science des relations société/nature et l'agronomie science offrant des méthodes et des outils d'études et d'analyses des pratiques agricoles au niveau d'un territoire donné. Au carrefour des deux disciplines un métissage de pensées et d'approches interdisciplinaires a réuni des chercheurs dans le cadre des programmes de recherche sur les impacts environnementaux des activités agricoles. Dans ce cadre la recherche du territoire adéquat et des outils nécessaire pour une gestion concertée de la pollution phytosanitaire diffuse reste à approfondir.

Notre objectif est d'expliquer les considérations des différents courants de pensées géographiques et agronomiques de la problématique de la pollution phytosanitaires diffuse d'origine agricole et d'expliciter quelques approches d'analyse afin d'identifier celles répondant au mieux à notre questionnement.

1. Évolution de l'environnement en géographie : du déterminisme à la systémique

Etymologiquement le paradigme environnement vient du préfixe grec «en », dans et du latin virare, virer, tourner, venant du grec gyros, cercle, tour. Autrement dit l'environnement est l'interface entre nature et vivant. Pour l'être humain, on peut diviser cet environnement en trois ensembles : environnement naturel, social et économique. Ces trois ensembles sont indispensables pour un développement durable. Le paradigme environnement est depuis toujours un des concepts fondamentaux de la géographie (Soulard 1999). Il a évolué depuis sa conception en tant que déterminant naturel des activités humaines jusqu'à sa territorialisation dans l'analyse des activités humaines. Dès sa fondation sur des bases scientifiques à la fin du 19e siècle, la géographie s'est occupée des problèmes de l'environnement en étudiant tout d'abord les effets du milieu naturel sur l'homme donnant naissance à l'école du déterminisme (Ritter[15], 1836). Les partisans de cette école pensent que les activités humaines sont déterminées par les conditions naturelles (climat, topographie du milieu, etc) sous une forme de cause à effet (forme de l'habitat, les structures agraires et les systèmes de cultures…). Cette conception a été critiquée et rejetée par Vidal de la Blache. Pour cet auteur « *la nature ne présente pas que des contraintes, elle offre des possibilités que l'homme va ou non exploiter* » (Vidal de la Blache 1922). Un courant de pensé né de cette réflexion, celui nommé "possibilisme". Le possibilisme envisage l'adaptation comme le résultat de choix et d'initiatives des hommes pour créer des techniques qui leur permettent de surmonter les contraintes du milieu (Soulard 1999). Les modes d'exploitation dépendent des groupes sociaux et de leur vision du milieu. De cette vision émanent les grandes monographies régionales au début du 20e siècle. Pendant cette période, des tentatives de renouvellement de

[15] Carl Ritter (1779-1859), fondateur de la géographie moderne

la problématique ont eu lieu mais ont été peu suivies. Dans les années 1940, les partisans de ce courant ont tenté de situer les recherches en géographie entre écologie et sociologie et développe l'idée d'une "écologie de l'homme". Les données sur le milieu naturel sont interprétées en terme de contraintes par rapport aux techniques d'encadrement de l'espace et à son organisation sociale, plutôt que pour elle-même (Dollfus 1977; Soulard 1999). Jusqu'aux années 1950, l'environnement a été conçu à partir d'une perspective naturaliste(Zimmermann 1904), la notion d'environnement a intégré progressivement la dimension sociale (George 1963). L'environnement devient une approche à double dimension (Soulard 1999). L'auteur précise *« La relation homme-milieu est appréhendée en confrontant des notions "mixtes" ou "hybrides", dont chacune comporte une dimension "naturelle" et "sociale" »* (Soulard 1999).

L'arrivée des années soixante a marqué une période de déstabilisation de la discipline qui conduit à la scission entre géographie physique et humaine. Les paradigmes changent : la géographie traite de l'espace sans le milieu naturel. Les recherches ont traité les dynamiques spatiales dans un nouveau courant de l'aménagement du territoire. La géographie a tenté de découvrir des lois spatiales et s'est dotée de méthodes quantitatives et des outils modélisation (Brunet 1980). Cette orientation a entraîné un détachement des recherches approfondies sur les relations homme/milieu pour des nouvelles préoccupations des années 1970 relatives aux impacts des activités humaines sur l'environnement. À cette époque les deux géographes Bertrand et Bertrand (2002) ont formulé l'objet de la géographie physique autour l'anthropisation de la nature. Ils ont proposé de nouveaux paradigmes à l'interface entre la société et la nature. Il s'agit d'un système définissant trois concepts : le géosystème (concept naturaliste englobant certains facteurs anthropiques et permettant de quantifier des flux de matières, d'énergie, d'informations), le territoire (concept socio-économique), le paysage (concept socio-culturel). Trois points de vue ont été associés à ces concepts : écologique, social et culturel. Ces auteurs ont ainsi proposé une démarche scientifique qui situe de la géographie dans le champ de recherches sur l'environnement. D'après leurs points de vue, la géographie est affirmée comme une science sociale du territoire. Elle étudie des interactions entre faits naturels et faits sociaux ; Elle maîtrise l'espace à travers le concept de territoire. Le territoire apparaît comme moyen pertinent pour assurer l'union entre aménagement et l'environnement. Il permet ainsi de positionner la géographie dans l'interdisciplinarité nécessaire à la prise en compte des problématiques environnementales.

Dans ce cadre la géographie se concentre sur les paysages agraires, les pratiques culturales et la localisation des productions agricoles, la diffusion des techniques culturales (Bonnamour 1993). L'exploitation agricole est alors considérée comme un système dont toutes les composantes foncières, humaines, techniques, stratégiques et commerciaux se trouvent dans un équilibre perpétuellement renouvelé ou remis en question selon interaction avec son environnement. D'où notre question : à quel niveau les pratiques agricoles sont à analyser ?

2. L'analyse des activités agricoles en agronomie : au niveau du territoire de l'exploitation ou du territoire global ?

L'étude de l'action de l'homme sur un agro-système est un des axes de recherche agronomique les plus répandus. Pendant longtemps l'exploitation agricole et la parcelle culturale étaient les unités de base de gestion des agro-systèmes. L'émergence des problèmes de pollutions diffuses a obligé les agronomes à faire des recherches interdisciplinaires et empruntés aux concepts à d'autres disciplines en particulier à la géographie du fait que l'espace est une composante principale d'une pollution diffuse. Ils ont aussi changé de territoire. L'analyse des pratiques agricoles effectuée habituellement à l'échelle du territoire « exploitation agricole » a été inscrite dans un cadre plus global : bassin versant, secteur

d'irrigation, système agraire, territoire régional (Landais et Deffontaines 1988; Le Gal *et al.* 2009; Joannon *et al.* 2006).

2.1 Analyse technico-économique au niveau de l'exploitation agricole

L'intensification de l'agriculture et le développement des techniques agronomiques au début des années 70 a donné lieu à l'émergence de nouveaux concepts dont les pratiques culturales définies par Landais et Deffontaines de la façon suivante: « *manière dont les techniques sont concrètement mises en œuvre dans le contexte de l'exploitation, mais aussi dans celui d'une société locale, caractérisée par son histoire, son territoire, son fonctionnement* » (Landais et Deffontaines 1988). Les pratiques agricoles sont mises en œuvre au niveau de la parcelle culturales par le biais d'un itinéraire technique (Sebillotte 1978) suivant un système de culture (Sebillotte et Soler 1990). Celles-ci diffèrent d'un agriculteur à l'autre. Elles conditionnent fortement les rendements et la qualité des produits agricoles. Si leur mise en œuvre se fait au niveau de la parcelle culturale, l'analyse de leurs déterminants se fait au niveau de l'exploitation agricole. Cette dernière constitue le niveau de diagnostic technico-économique où l'agriculteur conçoit et gère son système de productions en fonction de ses objectifs (Sebillotte et Soler 1990). Le concept de système de production est considéré dans notre étude comme étant un système constitué d'une combinaison d'activités productives auxquelles sont allouées les ressources disponibles sur l'exploitation (SAU, main d'œuvre, intrants, machines, quota d'eau d'irrigation, etc) (Giard 1988).

Dans un système de production, l'agriculteur détermine et gère les deux parties de son systèmes de production : technique et économique. Au niveau technique d'un système de production, l'agriculteur doit se décider sur le choix de l'assolement et la rotation (Maxime *et al.* 1995), l'organisation du Travail ou la conduite d'une parcelle culturale (Papy *et al.* 1988). L'ensemble de ses actions est défini comme étant la gestion technique de l'exploitation agricole (Aubry 2007). Les interventions techniques de l'agriculteur au niveau de la parcelle agricole au cours d'une année agricole conditionneront les rendements et auront un effet sur la gestion économique de l'exploitation.

La compréhension de ces pratiques a été un des thèmes de grande importance tant pour les agronomes (Sebillotte 1978; Milleville 1987; Gras *et al.* 1989) que pour les géographes (Milleville 1987) ; Blanc-Pamard et Milleville 1991). Les recherches ont été particulièrement concentrées sur les diagnostics technico-économiques (Zahm 2003).

2.2 De l'exploitation au territoire : au carrefour de la géographie et de l'agronomie

L'apparition des problèmes environnementaux, le développement de projets collectifs et d'approches globales ont imposé l'insertion de l'exploitation agricole dans des entités territoriales supérieures. Nous mentionnons comme exemple, l'automatisation des structures de productions au niveau d'un périmètre irrigué (Le Gal 2002), l'interactions des exploitations autour de la ressource en eau au niveau d'un bassin versant (Joannon *et al.* 2006), etc. Suivant cette approche globale l'exploitation agricole n'est plus un système fini mais un sous-système dans un territoire plus global dont la gestion est multi-acteurs. Cette situation de gestion multi-acteurs peut entraîner des conflits d'usage surtout dans le cas de la gestion de biens communs ou du patrimoine (Le Gal *et al.* 2009). Dans ce cas, la mise en place de règles de gestion dans le cadre d'une démarche collective (Lavigne De ville *et al.* 2000) est indispensable, du fait que les comportements, les logiques et les objectifs peuvent varier d'un acteur à l'autre (Sebillotte 1974). Une conception de l'espace de l'exploitation à la fois interne et externe est développée (Soulard *et al.* 2002). Dans le cadre d'approches participatives, des

études sont faites à des échelles géographiques autres que l'exploitation agricole notamment le territoire du « bassin versant » (Houdart 2005) ou celui « périmètre irrigué », etc (Le Gal *et al.* 2009). Une multiplication des découpages et des zonages issus des politiques de gestion des problématiques environnementales liées à l'agriculture a conduit à la mise en place d'unités territoriales selon les objectifs et les aménagements envisagés (Soulard 1999). L'espace est devenu non seulement le support des activités mais aussi un facteur déterminant des pratiques (Beuret 1998). Pour avoir une vision plus claire sur le rôle de l'espace dans l'impact des pratiques culturales sur l'environnement, la géographie propose une multitude de visions de l'espace comme facteur (Colin 2000), au travers ses apports de recherche sur l'environnement (Deffontaines *et al.* 1996; Colin 2000). En revanche peu de travaux en géographie traitent les effets de l'organisation spatiale des pratiques agricoles sur l'environnement (Brunet 1997). Et même dans des travaux interdisciplinaires, les géographes tirent rarement des conclusions sur le rôle et les principes d'organisation de l'espace (Bonnamour 1993).

A la lumière de cette lecture analytique, il nous parait que l'analyse des sociétés par l'étude de l'espace est toujours une question d'actualité pour les géographes comme pour des travaux interdisciplinaires et/ou multidisciplinaires surtout en ce qui concerne les relations pratiques phytosanitaires/environnement. Ceci nous mène à poser les questions suivantes :

i) Est ce que l'analyse des pratiques agricoles contribue à l'analyse de l'environnement ? ii) Quel rôle a l'espace dans cette analyse ? Quels seront les apports théoriques à l'issu de cette étude ?

Pour pouvoir répondre à ces questions de recherches nous avançons l'hypothèse suivante : le territoire est révélateur des pratiques phytosanitaires à impacts sanitaires et environnementaux négatifs où l'espace est une lecture et un déterminant de l'impact de ces pratiques.

3. Hypothèses et orientations de recherche : territoires et approches d'évaluations de la pollution phytosanitaire diffuse

Pour mieux évaluer la problématique de la pollution phytosanitaire diffuse en zone Ramsar, notre hypothèse globale est subdivisée en deux hypothèses spécifiques :

- Hypothèse 1 : la conception du territoire en tant qu'espace structuré, géré et perçu par des acteurs suivant une approche multi-échelle (de la parcelle culturale au bassin versant hydrographique) permettra de révéler les pratiques agricoles et phytosanitaires à impacts sanitaires et environnementaux négatifs ;
- Hypothèse 2 : les méthodes participatives basées sur un couplage de modèles d'aide à la décision donnent accès à une information non reflétée par les méthodes classiques.

La vérification de nos hypothèses et l'analyse des faits de développement requiert donc une collaboration étroite entre spécialistes de disciplines diverses dans le cadre d'une démarche participative. Celle-ci révèlera des stratégies de gestion concertée de la pollution phytosanitaire diffuse.

3.1 Le territoire d'évaluation de la pollution phytosanitaire diffuse

Le territoire n'est pas un concept spécifique à la géographie. Il s'agit d'une approche transdisciplinaire, utilisée par de nombreux acteurs économiques, sociaux et politiques (Leile 1986). En revanche. L'espace est l'entrée principale des géographies au territoire notamment pour les partisans de la logique de l'analyse spatiale (Colin 2000), de l'organisation de l'espace géographique (Brunet *et al.* 1992), d'aménagement de l'espace (Leile 19986).

L'analyse du territoire, en tant qu'espace structuré, géré et perçu par des acteurs permet une évaluation de la pollution phytosanitaire diffuse d'origine agricole.

3.1.1 L'espace structuré, dimension matérielle du territoire

Notre vision de l'espace comme dimension matérielle du territoire correspond à celle du géographe. L'espace géographique est défini comme *« un tout complexe formé d'éléments visibles: les lieux, les réseaux, les espacements et d'éléments invisibles, les inter-relations entre les lieux qui constituent sa structure* (Voiron et Chéry 2005). De cette vision, il ressort que l'espace est un objet réel où interagissent des écosystèmes naturels et des systèmes d'activités agricoles (Deffontaines *et al.* 1996). Cet espace présente des caractéristiques naturelles, climat, hydrographie, topographie, géologie, pédologie, etc. Ces particularités matérielles du territoire sont des déterminants des pratiques agricoles et ainsi de la pollution phytosanitaire diffuse. Ce territoire dont l'espace géographique est une composante fondamentale est une entité mesurable *« Espace à métrique topographique »* (Levy et Lussault 2003) qui peut être découpé en unités spatiales (parcelle, bassin versant, etc) dont les propriétés géométriques notamment les coordonnées géographiques (latitude et longitude), les formes varient selon les types de spatialisations. Ce territoire en tant qu'espace métrique est un élément qui occupe une place importante dans les travaux de géographie, notamment ceux d'analyse des formes des paysages agraires, de description des outils de productions agricoles, de l'utilisation du sol et des systèmes de productions agricoles (Renard et Picouet 1993), ainsi que dans les travaux sur les fonciers comme composante fondamentale de l'exploitation agricole et déterminant des pratiques spatiales (Croix 1993; Brunet 2000 ;Croix, 1993 ; Brunet 2000 et Levy et Lussault 2003). Mais un territoire est composé d'une approche spatiale et d'une approche sociale (Levy et Lussault 2003). Le territoire est aussi un espace géré par des acteurs.

3.1.2 Le territoire est un espace géré par des acteurs

On retrouve sur le territoire des lignes, des points et des surfaces, représentatifs de la composante spatiale, mais aussi des acteurs, réunis au sein de la composante sociale. Ce sont souvent les acteurs qui déterminent le territoire (Lévy 1999). D'après cette vision, il ressort que le territoire est aussi un espace organisé autour des éléments structurants où interagissent des acteurs sociaux régis par des rapports de forces, de hiérarchie, de complémentarité, etc, donnant ainsi une dimension organisationnelle au territoire. En d'autres termes, l'espace géré peut correspondre aux systèmes d'activités, aux méthodes de gestion et d'aménagement de l'espace géographique qu'il soit continu ou dispersé. Cet espace géré peut être organisé en réseaux *« un tel espace est un ensemble de relations sociales spatialisées* » (Frémont 1984). Dans ce sens le territoire est un espace d'expression et de dialogue entre différents types d'acteurs pour faire des accords ou gérer des conflits dus à des rapports de force ou d'iniquités spatiales et sociales.

La mise en place de nouvelles stratégies de gestion est le résultat d'un processus participatif qui se réalise suite à des concertations et des négociations entre différents acteurs du territoire. Cependant « l'espace géographique est fait de superpositions, d'interférences plus que de limites». Ce qui pose le problème de limites d'un territoire à gérer, du fait que tout espace délimité n'est pas forcément un système territorial ou lieu de décision. Les processus de décentralisation, déconcentration et développement local conditionnent les systèmes de gestion et de planification des activités sur le territoire. L'espace géré est celui des unités administratives de l'État décentralisé (Sack 1997). Ces limites administratives ne

correspondent toujours pas aux limites topographiques de l'espace géré. Ainsi le territoire est une représentation. Cette nouvelle vision du territoire nous amène au paragraphe suivant : le territoire est un espace perçu et représenté.

3.1.3 Le territoire est un espace perçu et représenté

Comme le précise (Di Méo 1998) « *le territoire est souvent abstrait, idéal, vécu et ressenti plus que visuellement repéré* ». D'après cet auteur, le territoire constitue un système issu des représentations faits d'acteurs suivant leurs perceptions d'un paysage ou d'une organisation spatiale (Fourny 1995). Ces représentations permettent aux acteurs d'avoir *« le sentiment d'appartenance et d'adhésion à un projet »* (Poulle et Gorgeu 1997). Cela induit une appropriation de l'espace par les acteurs. Les deux phénomènes de l'appartenance et de l'appropriation sont indissociables dans la conception d'un territoire comme système d'acteurs: « le monde est institué par les individus en fonction de leurs actions et de leurs intentions » (Debarbieux 1999). Dans ce cas, le territoire peut se réduire à des réseaux d'acteurs (Lévy 1999). Dans le cas de la pollution diffuse d'origine agricole les réseaux d'acteurs impliqués dans une action territoriale sont nombreux et diversifiés : État, collectivités locales, agriculteurs, etc. Cette conception du territoire comme espace représenté a été utilisé par les géographes dans des analyses socio-écologiques des rapports des sociétés à leur milieu (Auriac 1986; Bonnamour 1993). Ces représentations ont permis de révéler le rôle des acteurs dans la production sociale et le rôle du milieu sur l'interprétation faite par ces acteurs (Soulard 1999). Notre étude nous permettra de comprendre les logiques et les stratégies des agriculteurs dans la gestion des exploitations et des pratiques phytosanitaires.

De ces définitions du territoire, il ressort que celui-ci est une construction intellectuelle (Le Moigne 1984). Il s'agit d'un tout complexe (De Rosnay 1975) et rétroactif, composé de sous-systèmes (espace géographique, système social). Brunet (1997) précise que « *le territoire tient à la projection sur un espace donné des structures spécifiques d'un groupe humain, qui incluent le mode de découpage et de gestion de l'espace et l'aménagement de cet espace. Il contribue en retour à fonder cette spécificité, à conforter le sentiment d'appartenanc*e ». Dans le sous-système espace géographique les unités spatiales emboitées nécessite une analyse pour savoir si le territoire est composé d'une unité spatiale ou une intégration de nombreuses unités spatiales emboités ?

3.2 Intégration d'unités spatiales emboitées

La gestion de la pollution phytosanitaire d'origine agricole nécessite le choix d'une ou des unité(s) spatiale(s) où existe une relation entre la pression exercée et l'état de l'environnement d'où la nécessité d'élargir la réflexion. L'unité spatiale choisie doit être celle où interfèrent les pratiques agricoles et la pollution des ressources naturelles dont la ressource en eau. Dans les approches géo-agronomiques, trois types d'unités spatiales permettent de prendre en compte ce qui est gérable entre les hommes et ce qui est pertinent pour cerner les problèmes de la pollution phytosanitaires agricole diffuse ; il s'agit des parcelles culturales, des exploitations agricoles et du bassin versant hydrologique. Les deux premières unités spatiales sont des unités représentatives des activités agricoles et territoire de décision de l'agriculteur. Elles sont intégrées dans une unité spatiale plus globale le bassin versant, territoire d'aménagement et de gestion de la ressource en eau.

L'analyse de ces unités spatiales permet de rendre compte des pratiques agricoles spatialisées, des modes d'inscriptions territoriales des activités agricoles et du mode d'intégration du

niveau local dans le niveau global. Mais cela permet aussi de rendre compte du niveau d'inégalités spatiales et sociales en terme de propension à polluer.

Ces unités spatiales sont des niveaux d'investigations utilisées par différents organismes de gestion des pollutions diffuses agricoles dont les nitrates et les pesticides. Les définitions ci-dessous des unités spatiales sont mises en place par un organisme spécialisé dans la gestion des pollutions diffuses d'origine agricole.

3.2.1 Parcelle culturale : unité spatiale de décision technique de l'agriculteur

Dans notre étude, la notion de parcelle est considérée comme une notion agronomique et non pas cadastrale. Elle est définie par (Houdart 2005) « *comme une portion de terrain portant une même culture soumise à une même conduite* ». Elle constitue l'unité de gestion agronomique où se succèdent les opérations culturales ou l'itinéraire technique (Sebillotte 1974; Gras *et al.* 1989). Cette unité spatiale constitue le premier niveau d'enregistrement des pratiques agricoles. Elle correspond à l'échelle sur laquelle les agriculteurs mettent en pratique leurs décisions techniques à chaque saison. À cette unité spatiale peuvent se déterminer les pratiques culturales réduisant l'exportation des produits phytosanitaires. Comme type de pratiques culturales réalisées à l'échelle de la parcelle culturale, à effet sur le pollugramme, nous mentionnons le type de labour, la stratégie de désherbage et le réseau de drainage artificiel (Isensee *et al.* 1990; Fleury 1996; Lafrance et Banton 1996).

L'itinéraire technique d'une parcelle culturale a pour pas de temps le cycle cultural de la plante. Le raisonnement de l'itinéraire technique se fait à un niveau plus global, appelé l'exploitation agricole au début de la campagne agricole.

3.2.2 Exploitation agricole : unité de décision stratégique de l'agriculteur

L'exploitation agricole est l'unité de décision des systèmes de cultures définit comme *«une portion de territoire traitée de manière identique, par une succession coordonnée de cultures et, pour chacune d'elles, d'opérations culturales* » (Papy 2001). Elle constitue un niveau plus global pour la synthèse des informations, l'appréciation des risques liés aux pratiques agricoles, les choix stratégiques et les déterminations des modalités techniques. Cette unité spatiale et socio-économique a fait l'objet de nombreuses typologies par les géographes et agronomes pour rendre compte de la diversité des systèmes de cultures, des systèmes de productions et des espaces ruraux (Capillon 1993). La classification des exploitations dans des types permet d'expliquer les pratiques agricoles. De nombreux travaux de recherche sont réalisés dans le but d'examiner les liens entre les typologies d'exploitation et le territoire (Mignolet et Guiot 1995). La plupart de ces études ont montré qu'il ne s'agit pas de l'organisation spatiale des territoires d'exploitation mais de la répartition des types d'exploitation dans un espace donné (Capillon 1993; Perrot et Landais 1993). Cet espace géographique peut être continu ou discontinu. En revanche la pollution phytosanitaire diffuse est un phénomène physicochimique à forte composante spatiale (Tortrat 2005). La mise en place de plans d'aménagement nécessite une unité spatiale continue et plus globale intégrant les décisions socio-économiques de l'agriculteur et les phénomènes physico-chimiques et toxicologiques de la pollution phytosanitaire. Ce niveau global est le bassin versant.

3.2.3 Le bassin versant : unité hydrologique et territoire d'aménagement de l'espace

La conception du bassin versant dépend de la discipline qui utilise cette unité spatiale. Au début des années 60, les hydrologues ont conçu le bassin versant comme étant l'unité spatiale

de base du cycle de l'eau « *un bassin versant, en un point d'une rivière, l'aire limitée par le contour à l'intérieur duquel l'eau précipitée se dirige vers ce point* » ou aussi Bassin versant hydrographique: *« une entité topographique et hydrographique dans laquelle se produisent des entrées d'eau sous forme de précipitations accommodées par un système de pentes et de drains naturels en direction d'un exutoire unique* » (Bravard et Petit 2000). D'après cette conception le bassin versant est un territoire métrique topographique (Levy et Lussault 2003) caractérisé par un complexe physique, de pente, de sols et de roches et qui organise les écoulements et le transfert par ruissellements et infiltrations. Avec l'évolution du progrès technique et informatique dont la modélisation hydrologique (Villeneuve et *al.*, 1996) le bassin versant est devenu « *un système ouvert, non linéaire, non stationnaire, qui opère une transformation de la pluie (signal d'entrée) en un débit (signal de sortie) et dont les composants sont organisés en cascade*» (De Marsily 1986). Dans cette conception le bassin versant est devenu un ensemble d'unités interconnectées entre elles dont les unités élémentaires ou sous-bassins (Leile 19986) présentent des caractéristiques météorologiques identiques et hydrauliques uniformes.

L'apparition des problèmes de pollutions diffuses d'origine agricole des eaux dans les années soixante-dix a poussé les agronomes à sortir du territoire de la parcelle vers les bassins versants agricoles, territoire plus global où se manifeste l'antagonisme entre les pratiques agricoles et la qualité de la ressource en eau dans l'espace et dans le temps. D'où sa conception comme le territoire support des écosystèmes et d'activités humaines utilisé par différents acteurs comme unité de base pour la connaissance et la compréhension du milieu, la description des systèmes d'exploitation afin de mettre en place des plans d'aménagement collectifs.

En géographie, on parle de bassin hydrographique : « *L'idée de bassin versant n'a rien de neuf : cela fait plusieurs siècles que les géographes connaissent le concept de cette unité spatiale. Il s'est complexifié avec le temps, car une meilleure connaissance de l'hydrologie, en particulier de la circulation des eaux souterraines, a mis en évidence le fait que celles-ci, non seulement s'écoulent, mais encore ne s'écoulent pas nécessairement dans un espace identique au bassin versant de surface : il n'y a pas nécessairement coïncidence entre les aquifères et les bassins versants de surface. Il est dès lors possible d'optimiser ou de contrôler ces actions pour préserver la ressource* » (Lasserre et Brun 2007).

Sur le plan scientifique, de nombreuses recherches ont été menées au niveau du bassin versant pour l'évaluation de la pollution phytosanitaire diffuse dans l'espace et dans le temps (Meybeck 1995; Benoît 1997; Heydel 1998; Turpin *et al.* 1999; Christian Kersebaum 2000; Colin 2000; Lal 2000; Barreteau *et al.* 2001; Becu 2001; Houdart *et al.* 2002; Houdart 2005; Tortrat 2005; etc).

Au niveau politique, le bassin versant, ou le bassin hydrographique, est le territoire de gestion collective et de mise en place de plans d'aménagement. Par exemple, le Maroc est divisé en neuf bassins hydrauliques (Figure 5). Parmi eux le bassin de Sebou auquel appartient le territoire de la Merja Zerga.

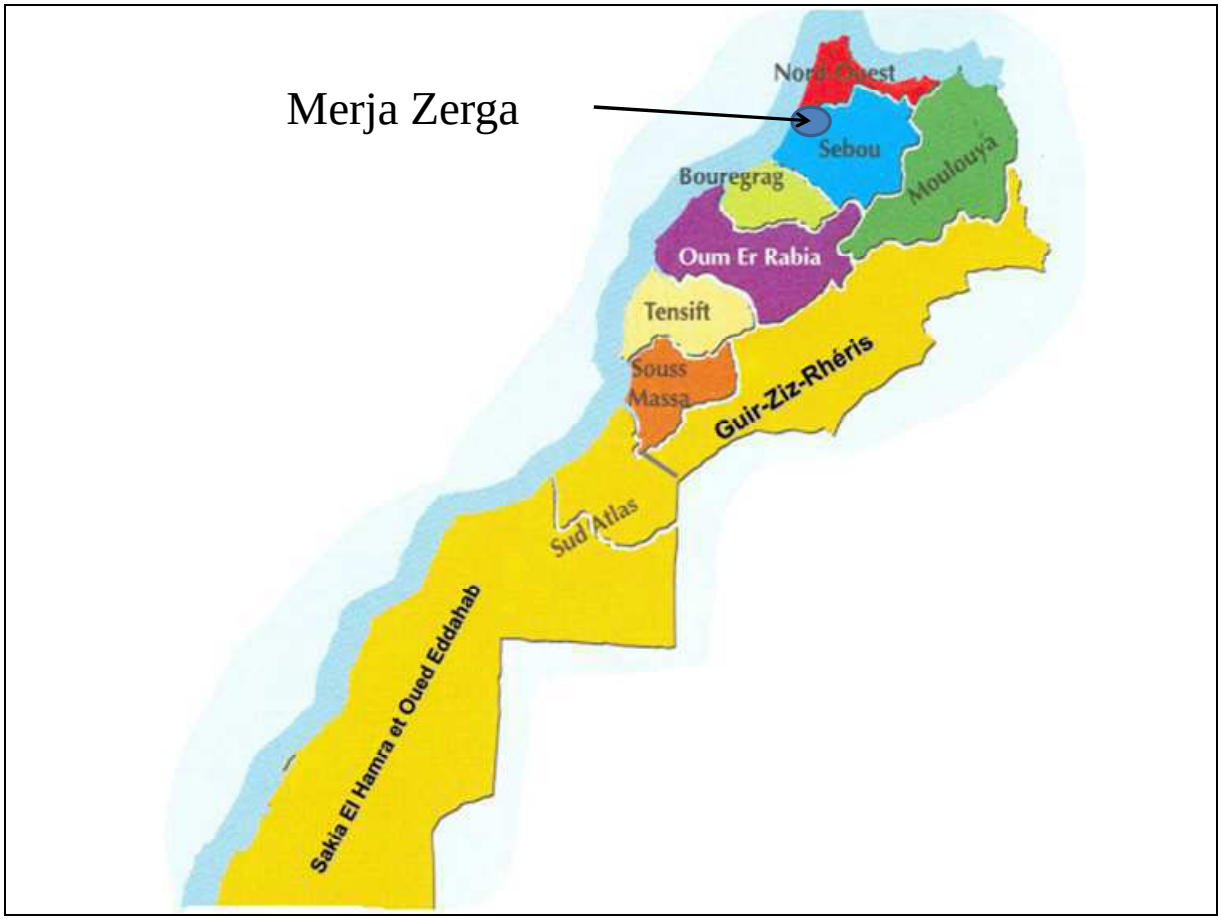


Figure 5. Carte des bassins hydrographiques du Maroc (Source : Hachimi 2009)

Ce territoire est l'unité spatiale où se fait l'état des lieux, la mise en place de plans de gestion, les programmes de mesure et de surveillance par les instances concernées (agriculteurs, agences de bassin hydraulique, syndicat du bassin, élus et communes, chercheurs, collectivités...). Ces bassins sont définis sur une base géographique et hydrologique.

L'approche utilisée dépend des problématiques étudiées, des objectifs fixés et des politiques des acteurs du territoire.

3.3 Approches d'évaluation des pratiques agricoles sur la pression de la pollution phytosanitaire agricole

Avec l'émergence des problèmes de pollutions phytosanitaire diffuse et dans le cadre d'une logique d'aménagement de l'espace une multitude d'approches, au carrefour de la géographie et de l'agronomie, s'est développée. Dans ce qui suit nous allons présenter trois approches qui peuvent aider à évaluer les risques de pollutions phytosanitaires diffuses pour la santé et l'environnement en tenant compte de l'iniquité spatiale en termes de propension à polluer dans le cadre d'une démarche participative : les approches temporelle, spatiale et systémique.

3.3.1 Approche temporelle

L'étude des interactions entre dynamiques naturelles et sociales nécessite un cadre spatio-temporel. Ces interactions peuvent être analysées, dans le cadre, soit d'une approche spatiale, soit d'une approche temporelle.

La pollution phytosanitaire diffuse est un processus environnemental complexe présentant une multitude de variabilités temporelles et spatiales. En revanche, une étude simultanée dans le temps et dans l'espace de ce fléau est complexe. Compte tenu de la complexité des processus, les approches utilisées pour l'étude de la pollution phytosanitaires favorisent dans la plupart du temps la dimension temporelle ou la dimension spatiale tout en prenant en compte l'autre dimension. Dans ces cas, on parle d'approche temporelle ou d'approche spatiale.

Les approches temporelles consistent à étudier le déroulement d'un phénomène suivant un pas de temps (seconde, minute, jour, épisode pluvieux, cycle cultural, année agricole, rotation, etc) adapté à la cinétique de ce phénomène.

Dans le cas de l'utilisation d'une approche temporelle, les unités spatiales d'étude de la pollution phytosanitaire sont la parcelle culturale, l'exploitation agricole et le bassin versant.

La parcelle agricole est l'unité de base des traitements. À cette échelle peuvent se déterminer les pratiques culturales réduisant l'exportation des produits phytosanitaires. Comme type de pratiques culturales à effet sur le pollugramme[16] : type de labour, une stratégie de désherbage, réseau de drainage artificiel (Isensee *et al.* 1990; Fleury 1996; Lafrance et Banton 1996).

L'exploitation agricole est l'unité de décision des assolements et des pratiques sur une année agricole ou sur le temps d'une rotation agricole.

Le bassin versant est l'unité de gestion du territoire pertinente d'un point de vue hydrologique, écologique et géomorphologique (Chorley 1969). À l'échelle du bassin versant, l'interrogation porte sur l'allure du signal de la pollution à l'exutoire. Le pas de temps peut être variable, adapté à l'étude d'événement de crue ou à celle d'une année agronomique. À ce niveau, les études sont très nombreuses, telles que celles sur des bassins versants français par Dubernet (1996) et Gouy *et al.* (1996). La modélisation s'élabore dans un contexte spatial et les processus sont qualifiés et quantifiés dans leur temporalité.

La diversité des méthodes d'évaluation des contaminations des écosystèmes naturels par les molécules phytosanitaires et leurs métabolites[17] à l'échelle du bassin versant est importante. On retrouve pour cette problématique des modèles, des indicateurs et des méthodes mixtes. Ces différents types d'outils sont généralement associés à des objectifs bien déterminés. L'estimation du risque à l'échelle du bassin-versant est plus complexe qu'à l'échelle de la parcelle de par la variation spatiale et temporelle des facteurs (Domange et Capri 2006). Les indicateurs simples sont généralement moins performants qu'à l'échelle parcellaire. Par exemple, la quantité de pesticides appliquée sur le bassin versant n'est, dans certains cas, pas proportionnelle aux pertes à l'exutoire (Lecomte 1999; Bedos *et al.* 2002). Le fondement de l'évaluation sur des mesures directes et son interpolation à différentes situations se heurtent à la grande diversité des structures des bassins versants.

La prise en compte de la variabilité temporelle est un enjeu majeur pour un diagnostic convenable de la problématique de pollution phytosanitaire diffuse.

---

[16] Courbe des valeurs de la concentration des polluants en fonction du temps.

[17] Composé stable issu de la transformation biochimique d'une molécule initiale par le métabolisme (http://www.linternaute.com/dictionnaire/fr/definition/metabolite/)

3.3.2 Approche spatiale

L'approche spatiale appréhende le territoire par son organisation spatiale. Elle privilégie l'étude des phénomènes spatiaux à un instant donné plutôt que leur déroulement dans le temps. Les partisans de l'approche spatiale parlent du postulat selon lequel l'espace est un acteur organisé et structuré et non un simple support « *Tout lieu est situé dans l'espace, dans le temps et dans un ensemble de processus, au sein d'un champ de forces quelque part dans les Structures du Monde* » (Brunet et Dollfus 1990). Elle permet de faire une photographie de l'espace géographique à un instant donné ou de décrire ses caractéristiques tant du point de vue de sa structure que de ses dynamiques.

En aménagement de l'espace le recours à cette approche permet de déterminer les zones les plus susceptibles de contribuer à la pollution diffuse au niveau d'un territoire donné.

Le recours à l'approche spatiale permet de localiser les parcelles agricoles susceptibles de générer le plus de pollution diffuse.

La pollution phytosanitaire diffuse est un processus complexe qui dépend de la vulnérabilité de la parcelle agricole (topographie et localisation géographique) et qui est amplifié par les pratiques agricoles. Afin de pouvoir développer des méthodes de gestion et des aménagements susceptibles de réduire ce type de pollution et de préserver la biodiversité, des méthodes de cartographie a priori des risques de transfert des molécules phytosanitaires et des zones à risque ont été développées. Les outils informatiques comme la télédétection et les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) ont facilité la mise en œuvre de ces méthodes cartographiques sous la forme de supports cartographiques (cartes thématiques, plans…). Ces supports servent de support pour l'analyse, la réflexion ou l'aide à la décision pour les acteurs de terrain.

Ce type d'approche demande la collecte des données descriptives des pratiques agricoles et du milieu physique. Une étape de modélisation consiste à rapporter sur une carte différents facteurs, identifiés comme facteurs de diffusion des molécules phytosanitaires (Dubois de la Sablonière *et al.* 1999). La validation de ce type de cartographie est réalisé à dire d'experts et/ou par des mesures directes (Merchant 1994). Les niveaux d'organisations spatiales étudiés varient de la parcelle agricole au bassin versant (CORPEN 2003). Cette variation des niveaux d'analyse de la pollution phytosanitaire est à l'origine de problème méthodologique. La construction d'un outil de diagnostic ou d'aide à la réflexion pour la gestion de ce type de fléau se heurte au problème de changement d'échelle ou niveau d'organisation de l'espace. D'où la nécessité d'appréhender la problématique en considérant la zone étudiée comme un système.

3.3.3 Approche systémique entre géographie et agronomie

Pour faire face aux problèmes environnementaux induits par les activités humaines, une nouvelle théorie dite «systémique » rapproche la géographie humaine et géographie physique par le biais de son concept central le « système ». Les praticiens de démarches systémiques ont érigé les « systèmes géographiques ». À partir des années 1970, ils ont commencé à étudier des systèmes spatiaux et non des phénomènes spatialisés au niveau d'un territoire. Baudelle et Pinchemel expliquent par exemple que *« L'espace géographique est un système et non une simple structure correspondant à un système spatialisé. Il ne peut donc s'agir de rechercher le mode de spatialisation de systèmes économiques et sociaux, mais d'identifier des systèmes spatiaux et de repérer leur finalité* » (Baudelle et Pinchemel 1986).

Les partisans de la systémique appliquent le concept de « système » dans toutes les étapes de gestion d'une problématique allant de la définition de la problématique à sa résolution en passant par les démarches et la mise en œuvre des décisions et des actions. Ils considèrent la systémique comme étant l'ensemble des « *démarches théoriques, méthodologiques et pratiques relatives à l'étude de ce qui est reconnu comme trop complexe pour pouvoir être abordé de façon réductionniste et qui pose des problèmes de frontière, de relations internes et externes, de structure, de loi, ou de propriétés émergentes caractérisant le système comme tel ou des problèmes de mode d'observation, de représentation, de modélisation ou de simulation de totalité complexe*» (Le Moigne 1987).

L'analyse des définitions proposées ci-dessus de système et de systémique permet de faire ressortir quelques principes de base de la pensée systémique : totalité, organisation, complexité.

Totalité d'un système « *un tout est plus que la somme des parties* » (Bertalanffy 1968). La systémique considère les systèmes comme un tout non réductible. Cela signifie que pour comprendre le fonctionnement d'un système, il est indispensable de considérer les relations qui lient ses éléments. Cela suppose aussi que les éléments d'un système sont liés par un réseau et hiérarchisé par niveau et que toute modification d'un élément affecte la totalité du système.

Pour l'organisation, (Voiron et Chéry 2005) disent que « *un système est organisé et organisant* ». Les partisans systémistes considèrent que la totalité d'un système est le résultat d'une organisation structurelle et fonctionnelle (Durand *et al.* 2002). L'organisation structurelle permet d'identifier les éléments d'un système, leurs interactions, les interrelations et les frontières entre le système et son environnement (Le Moigne 1984). L'organisation structurelle est statique d'où l'intérêt de l'organisation fonctionnelle. Cette dernière décrit le dynamisme et la fonctionnalité du système dans le temps (Le Moigne 1984). Elle décrit les interactions entre les éléments. Elle permet de modéliser et de simuler les entrées et les sorties des flux de matière, d'énergie et d'informations ainsi que les interactions du système avec son environnement.

La considération d'un système dans sa totalité suivant une organisation structurelle et fonctionnelle permet de conserver et d'essayer, de comprendre les systèmes tout en prenant en compte leurs complexités. Cette logique systémique rejette toute réduction ou simplification de phénomènes complexes (Durand *et al.* 2002.).

L'analyse de l'approche montre que malgré la diversité des phénomènes, il existe des points communs et des invariants communs à un grand nombre de systèmes qu'ils soient géographiques, biophysiques écologiques ou sociaux. Cette articulation des aspects techniques et sociétaux a mené, dans des contextes variés, aux concepts de « territoire » (Giraut 2008), « socio-écosystème » (Berkes et *al*., 1998 *in* Anderies *et al.* 2004), ce qui prouve la transdisciplinarité de l'approche systémique (Pérlaz-Doux, 1995).

En revanche deux limites méthodologiques s'imposent (Durand 1979): la difficulté dans de nombreuses études de pouvoir différencier d'une manière ou d'une autre le système de son environnement et la stabilité du système liée au choix de l'échelle spatiale pour la modélisation d'un système.

3.3.4 Approche participative

Depuis la mise en place de nouveaux cadres législatifs demandant l'implication du public dans les processus de décision, notamment pour se conformer à la convention d'Aarhus[18], les démarches participatives prennent de plus en plus d'importance dans les processus de décisions publiques. Ce type d'approches a été au début des méthodes d'investigation préconisé en anthropologie culturelle et sociale (Malczewski 1999). Aujourd'hui, le passage aux démarches participatives est une nécessité dans des nombreuses disciplines notamment en géographie, en agronomie. Dans les processus de gestion collective concertée d'un bien commun ou d'un patrimoine naturel, les démarches participatives permettent « *Au travers de la mise en œuvre d'une série d'étapes, celle-ci a précisément pour objectif général d'impliquer et d'associer de manière étroite les populations dans le diagnostic, l'identification, la programmation, la mise en œuvre et le suivi des actions à mener au niveau du terroir et de définir les responsabilités des différents partenaires dans le suivi et la gestion des ressources naturelles* » (FAO 1999). De cette définition, il ressort que l'approche participative est basée sur certains concepts fondamentaux : participation, partenariat, concertation, négociation et implication.

La participation des acteurs d'un territoire donné, qu'elle soit « descendante » ou « ascendante » selon que les initiatives proviennent des experts ou des acteurs de terrain, consiste en une contribution dans le processus décisionnel. Par exemple, les agriculteurs peuvent participer depuis la fourniture des informations jusqu'à la co-conception et la mise en œuvre de la procédure de gestion (Pretty 1994). Cela mène à un partenariat entre les acteurs impliqués dans le processus décisionnel.

Le partenariat est un processus de collaboration entre les différentes parties (agriculteurs, chercheurs, gestionnaires, etc). Il permet de prendre en compte tous les objectifs, les contraintes et les marges de manœuvre de toutes les personnes concernés. Au cours de ce processus sont mises en place des démarches d'accompagnement pour une évaluation prospective d'un changement.

Pour aboutir à des propositions ou à des solutions communes, la concertation entre les parties impliquées est indispensable. Elle consiste en un processus de dialogue dont le but est de parvenir à des propositions acceptées par toutes les parties impliquées, des orientations ou des projets. Si dans le processus de concertation, l'animateur est impliqué dans le débat on parle de "médiation chaude" (Beuret 1998). Mais si la médiation a pour but de mettre d'accord des acteurs sur une perspective commune ou de les réconcilier, on parle de "concertation assistée" (Dziedzicki 2001) ou "médiation froide" (Beuret 1998).

Pour aboutir à une décision, le processus de concertation devient une négociation (Mermet 1998). Au-delà de cette étape un espace social est créé dans lequel différents points de vue s'expriment avant de finir le processus par une décision. Au cours de cette phase de la démarche participative, différentes modalités peuvent avoir lieu, du dialogue visant un accord entre les parties, à l'imposition d'un point de vue final dominant.

L'utilisation de l'approche participative dans la gestion de la pollution phytosanitaire d'origine agricole permet d'avoir une vision prospective de conséquences de changements

---

Convention d'Aarhus [18]: La Convention sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement, dite Convention d'Aarhus, a été signée lors de la quatrième Conférence ministérielle «Un environnement pour l'Europe» à Åarhus (Danemark) le 25 juin 1998. Cette Convention a été rédigée dans le cadre de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies (CEE-ONU), en application du Principe 10 de la Déclaration de Rio (1992).

techniques ou organisationnels sur le fonctionnement et la performance des systèmes de productions (McCown 2002).

Bien que l'approche participative utilise plus de données qualitatives que quantitatives, ne donnant qu'un ordre de grandeur ou une idée sur la situation (FAO 2000), elle est sollicitée pour la mise en place de stratégies de gestion des ressources naturelles (FAO 2000; Le Grusse 2006) et des projets d'innovation agricoles (Le Gal *et al.* 2009). L'approche permet de se centrer sur les ressources humaines à l'origine de l'impact et non pas sur l'impact lui-même. Il s'agit d'une approche impliquant tous les acteurs concernés par une problématique donnée. Elle favorise l'autonomie, l'échange et l'apprentissage des parties concernées. Elle est relativement rapide et moins coûteuse et permet de traiter une multitude de données d'origine différente aboutissant à une solution durable.

3.3.5 Approche proposée et originalité de la thèse : une approche participative empruntant des représentations systémiques et spatiales

L'approche proposée dans le cadre de ce travail pour la gestion de la problématique de pollution phytosanitaire diffuse en zone Ramsar est une synthèse méthodologique. Elle est basée sur deux démarches complémentaires géographiques et agronomiques (Deffontaines 1998).Il s'agit d'une approche participative définit par Fiorino (1996) citée par (Allali et Enahari 2001) comme « toute forme d'implication dans le processus de gestion d'un système donné d'acteurs n'appartenant pas au dispositif formel en charge du pouvoir de décision sur ce système », empruntant des représentations systémiques en considérant les systèmes agricoles comme « un *mode d'organisation adopté par une société rurale pour exploiter son espace et gérer ses ressources* » (Jouve 1994).
L'originalité de cette approche réside d'une part dans la façon d'analyser les relations société/environnement (contraintes, limites, potentialités naturelles, gestion des ressources, organisation, différenciation, maîtrise de l'espace) et l'accès à de nouvelles méthodes comme les indicateurs de risque de toxicité pour la santé et l'environnement, qui donnent accès à une information que les méthodes habituelles (les indicateurs de pression en quantité de phytosanitaire) ne reflètent pas.

Le caractère participatif de cette approche permet la participation de différents acteurs dans le diagnostic et l'analyse des faits. Il s'agit d'une approche transdisciplinaire où le cadre de Travail réunit géographes, agronomes, économistes et des acteurs de terrain autour de la problématique. En particulier elle se fonde sur la synergie entre des méthodes d'analyse et de recueil de données. Elle est basée sur des données géographiques pour la conception des représentations cartographiques, issues des Systèmes d'Information Géographique, des analyses spatiales et des enquêtes agronomiques et technico-économiques, pour comprendre et expliquer les dynamiques de changements des espaces agricoles (Gagnon *et al.* 2006) ainsi que des indicateurs de pression et de risques de toxicité pour la santé et l'environnement pour gérer les impacts des pratiques phytosanitaires (Samuel *et al.* 2007) et de la modélisation et des jeux de simulations pour comprendre les comportements des acteurs d'un territoire (Le Grusse 2006).

Pour appréhender concrètement les modes de production agricole, l'analyse s'est focalisé sur les systèmes de culture, à l'échelle du bassin versant, mais elle tient compte aussi de leur insertion à plusieurs échelles spatiales: parcelles culturales, exploitations agricoles, bassin versant ou territoire régional. Le choix de l'entrée bassin versant comme unité spatiale globale est justifié par deux arguments :

- les stratégies des acteurs locaux ne sont en partie que des stratégies de l'état territorialisées par groupe d'exploitations types ;
- la pollution diffuse a pour territoire le bassin versant et non pas la parcelle culturale ou l'exploitation agricole.

Pour bien comprendre les bases de notre choix, une analyse bibliographique des outils utilisés fera l'objet du chapitre suivant.

Conclusion du chapitre II

La lecture analytique des différents concepts et leurs approches nous ont permis de constater la convergence et la complémentarité dans une analyse de la relation entre la géographie, l'agronomie et l'environnement. Elles ont mis en évidence la complexité de la relation entre l'activité économique et l'environnement naturel surtout quand il s'agit de l'interface agriculture-ressource en eau. La pollution phytosanitaire diffuse constitue un exemple concret de cette relation complexe où le territoire avec ses trois composantes (espace structuré, géré et perçu) et l'emboitement de ses échelles, de la parcelle au bassin versant, constitue leur point commun. Nous avons pu voir aussi qu'une approche participative basée sur des représentations systémiques fédère le travail interdisciplinaire des géographes et des agronomes. Elle nous permet d'analyser le territoire sous le concept de systèmes de production agricole et/ou de systèmes agraires par interaction des différentes unités spatiales entre elles et avec l'extérieur, et par la prise en compte des acteurs concernés, de leurs activités et de la perception de l'espace. Notre positionnement théorique offre ainsi une vision à la fois systémique et analytique de la problématique environnementale induite par pollution phytosanitaire diffuse. Cette approche permet de dégager des apports à la fois heuristiques et méthodologiques. Une évaluation a priori des politiques publiques et du problème de la pollution phytosanitaire, afin de déterminer et de quantifier le compromis entre la rentabilité économique et l'efficacité environnementale des interventions politiques pour la réduction des usages phytosanitaires, peut alors être réalisée. Elle permettra de mettre en place des stratégies de gestion et des solutions pour réduire les inégalités géographiques à la propension à polluer et assurera une équité spatiale et sociale pour une meilleure santé environnementale.

CHAPITRE III

DE L'AIDE À LA DECISION A L'AIDE À L'EVALUATION : LE SUPPORT METHODOLOGIQUE POUR UNE GESTION CONCERTEE DE LA POLLUTION PHYTOSANITAIRE DIFFUSE

Prendre en compte l'environnement dans la globalité du processus de production agricole est complexe car les facteurs d'impacts sont multiples et interagissent entre eux à des niveaux différents et ou spatiaux (Théobald 2001). De ce fait, agriculteurs, conseillers et décideurs publics sont confrontés aux mêmes questions et problématiques. Dans le cadre d'une démarche participative, comment évaluer les impacts des pratiques agricoles ? À quelles échelles ? La réponse à ces questions n'est pas unique et les outils d'aide à la décision sont multiples. Ces outils d'aide à la décision sont construits autour de deux approches : (i) la modélisation participative et (ii) l'évaluation indirecte des impacts des pratiques agricoles par des indicateurs agri-environnementaux. L'usage de chacune des méthodes peut indépendamment révéler de nombreuses lacunes. La construction d'une méthodologie basée sur un couplage des outils de la modélisation et de l'évaluation par les indicateurs, dans le cadre d'une démarche participative a été une alternative que nous avons choisie pour notre étude.

1. Aide à la décision par modélisation participative

L'utilisation de la modélisation et ces outils d'aide à la décision à des fins agricoles a été amorcée dans les années soixante. Les premiers modèles étaient des modèles économiques développés par des économistes soucieux de théories économiques se référant à des objectifs d'optimisation. Dans les années soixante-dix, des composantes de modélisation biophysiques se sont ajoutées à ce type de modélisation pour étudier la réponse de la demande en eau pour les cultures. À partir des années quatre-vingt cette approche a connu un grand développement. Différents travaux de recherche étudiant des problèmes environnementaux engendrés par l'agriculture ont été faits partout dans le monde. Le recours à la modélisation vise à pallier à des lacunes des mesures directes pour l'aide à la décision dans la gestion de certaines problématiques. Par exemple dans le cas de la contamination des eaux par les pesticides, les mesures directes de concentrations donnent une indication de la qualité des eaux mais ne permettent pas l'interprétation des résultats quant aux processus impliqués (d'origine urbaine ou agricole). De plus, les mesures directes ne peuvent faire état que d'une situation à posteriori et non pas de pouvoir prédictif pour l'aide à la décision.

1.1 Aide à la décision

Au niveau d'un territoire, les enjeux économiques, agronomiques et environnementaux nécessitent de prendre des dispositions pour la gestion de la pollution phytosanitaire d'origine agricole. Elle exige l'intégration de l'environnement comme une contrainte obligatoire dans les processus de décision pour atteindre des objectifs économiques.

Face à la nécessité du décideur de faire un choix entre différentes possibilités d'action, l'aide à la décision apparaît comme un moyen assurant la compréhension d'une problématique et permettant la formulation des solutions possibles ainsi que les conséquences d'un choix donné. (Roy 2000) définit l'aide à la décision comme « *l'activité de celui qui, prenant appui*

sur des modèles clairement explicités mais non nécessairement complètement formalisés, aide à obtenir des éléments de réponse aux questions que se pose un acteur dans un processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision et normalement à recommander, ou simplement à favoriser, un comportement de nature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, les objectifs et le système de valeurs au service desquels ces acteurs se trouvent placés d'autre part ». Pour Roy (2000), nous ne pouvons pas ignorer l'interaction qui existe entre homme et son environnement en les considérant séparément dans un Travail de modélisation. Pour Holtzman (1989), prendre une décision signifie concevoir et s'engager dans une stratégie de gestion de ressources. La prise de décision nécessite une mise en place d'un processus de décision. Ce processus de décision est réalisable en plusieurs phases.

Nous allons maintenant analyser les différentes phases du processus de décision, ainsi que ses différents niveaux de structuration.

1.1.1 Processus de décision

Différents travaux sur les processus de décision ont été effectués. Le Travail de recherche qui nous paraît adaptable au domaine agricole est celui de (Simon 1976). Il distingue trois phases dans le processus de décision (Turban 1993) : (i) la recherche d'informations, (ii) la conception et (iii) le choix de solutions.

La phase « recherche d'information » *(intelligence en anglais)* vise à identifier la problématique à résoudre, les questions, les objectifs et le but du décideur. Pour cette fin, il est indispensable de chercher les informations pertinentes en se basant sur les questions posées par le décideur. La collecte d'informations pertinentes pendant cette phase peut se poser elle-même en terme de décision. En effet, dans certains problèmes, il est parfois difficile de trouver ou d'avoir accès à ces informations pertinentes. Or, ce sont elles qui sont à l'origine du processus de décision et leur choix est crucial. Du fait que, la qualité des informations requises influence fortement les autres phases puisque tous les choix suivants en découlent.

Dans certains cas, les problèmes complexes sont décomposés en sous problèmes plus simples à résoudre. Cette phase se termine par un énoncé du problème à traiter.

La phase de conception *(design)* comprend la génération d'alternatives, le développement et l'analyse des solutions possibles. Pour cela, il est nécessaire de choisir un ou plusieurs modèles de décision en fonction de la complexité du problème à traiter. Pour le ou les modèles choisis, il faut déterminer les variables de décision, les variables incontrôlables, les variables résultats ainsi que les relations mathématiques, symboliques ou qualitatives entre ces variables et construire les différentes alternatives (Crossland *et al.* 1995).

Le choix (choice) est la phase pendant laquelle le décideur choisit entre les différentes solutions celle qui lui paraît satisfaisante. Cette phase inclut la recherche, l'évaluation et la recommandation d'une solution appropriée. La phase de recherche peut être de type analytique (optimisation, toutes les alternatives sont atteintes), aveugle (recherche exhaustive ou partielle) et heuristique.

Selon Simon (1976), le processus de décision n'est pas obligatoirement séquentiel, il peut y avoir des allers-retours, c'est-à-dire que pendant la seconde ou la troisième phase, on peut être amené à rechercher de nouvelles informations, puis ensuite modifier le ou les modèles choisis.

La présence de ces retours en arrière pendant le processus de décision dépend du niveau de structuration de la problématique à résoudre.

1.1.2 Niveau de structuration des décisions

Selon les domaines d'application d'un processus de décision, il est indispensable de différencier les décisions suivant leur niveau de structuration. (Lévine et Pomerol 1989) ont distingué deux niveaux de structuration : les "décisions bien structurées" et les "décisions peu structurées". Les auteurs considèrent qu'il existe un continuum allant des décisions les moins structurées aux plus structurées. Une décision est bien structurée quand elle est issue d'un processus connu et explicitable permettant de traiter les informations dans le système (Lévine et Pomerol 1989). Elle correspond à un programme invariable. Une décision peu ou mal structurée est un problème qui va nécessiter un effort important pour être formalisé. Il est probable que la stratégie du décideur sera une stratégie progressive avec des allers-retours entre les différentes phases du processus de décision. L'un des aspects les plus importants est que dans cette classe de décision, l'homme prend l'avantage sur la machine contrairement aux problèmes structurés. La résolution d'une problématique nécessite de faire appel au savoir-faire du décideur qui devient l'élément prépondérant du couple Homme/modèle. Dans ce cas on est à la recherche d'une solution satisfaisante (Simon 1976).

La pollution phytosanitaire diffuse est une problématique peu structurée, qui nécessite une gestion par recours à ces types de méthodes (modélisation participative, évaluation par des indicateurs agri-environnementaux, etc.). Le couplage des deux méthodes peut s'avérer la meilleure alternative.

1.2 La modélisation participative, une nécessité pour l'aide à la décision peu structurée

« *La modélisation participative est une méthode qui favorise l'implication d'un groupe d'individus dans le développement d'un modèle dans le but d'améliorer la compréhension du groupe à propos d'un système particulier, de ses problèmes et de ses solutions possibles, qui va directement ou indirectement conduire à de meilleures décisions de gestion. Le produit de cette méthode est la génération d'une compréhension collective parmi les constructeurs du modèle, pendant le processus, plutôt que le modèle lui-même* » (HarmoniCOP 2003). Un processus de modélisation participative est organisé de diverses façons et où différents types de modèles peuvent être construits (Hare 2003). En revanche, les objectifs d'un tel exercice sont globalement les mêmes. Ils visent à (i) améliorer la compréhension globale du système par les acteurs concernés, (ii) permettre aux acteurs d'apprendre et de comprendre les points de vue des uns et des autres et (iii) de forger une compréhension commune du système, des problèmes et des solutions par tous les acteurs (Ferrand 1997; Mermet 1998; Bousquet *et al.* 2005).

La modélisation participative joue le rôle d'un support à la décision collective, éventuellement la recherche de consensus, dans un contexte où les points de vue et les intérêts des acteurs en jeu divergent. Par rapport à des démarches participatives pour la résolution de conflits plus classiques, la modélisation participative fait appel aux outils de modélisation pour promouvoir l'utilisation de la démarche dans le cas de systèmes complexes. Elle permet d'explorer avec les acteurs en jeu la dynamique du système et son évolution dans le temps.

Les expériences de modélisation participatives dans le domaine de la gestion des risques environnementaux sont nombreuses. Parmi lesquelles nous mentionnons les SIG (Système d'Information Géographique) participatifs (Abbott *et al.* 1986). Leurs applications dans le domaine de la gestion des ressources naturelles sont riches d'enseignements. Nous nous

sommes également intéressés aux Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision (SIAD) (Courbon 1993). Nous présentons également l'approche de la modélisation participative en utilisant les théories des jeux permettant de mieux comprendre et de comparer les différences de points de vue entre les acteurs.

1.2.1 Les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG)

1.2.1.1 Éléments de définition des SIG

Les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) sont présentés comme «un ensemble de principes, de méthodes, d'instruments et de données à référence spatiale utilisés pour saisir, conserver, transformer, analyser, modéliser, simuler et cartographier les phénomènes et les processus distribués dans l'espace géographique» (Thériault 1996). Il s'agit d'outils interdisciplinaires qui empruntent à des nombreuses disciplines. Nous distinguons les domaines théoriques comme la géographie, l'informatique, la statistique, la géométrie, l'intelligence artificielle, la sémiologie, les sciences cognitives et la linguistique (Fischer *et al.* 1996) et les domaines appliqués dont la cartographie, la télédétection, la photogrammétrie, les bases de données (Burrough et McDonnell 1998). Selon cette définition, un SIG est un ensemble de sous-systèmes qui devra inclure les composantes nécessaires (Burrough et McDonnell 1998). À partir de ces composantes, une typologie des SIG a été élaborée. Cette typologie met en lumière différentes approches, pour appréhender des problématiques de décision à référence spatiale telles que les pollutions diffuses et le dialogue entre les acteurs (Goodchild 1992; Burrough et McDonnell 1998; Laaribi 2000) :

- Les SIG considérés comme des boîtes à outils. Cette approche est principalement orientée sur les aspects technologiques et les fonctions d'analyses offertes par le système. Ces boîtes à **outils** permettent de répondre à des questions géographiques (Longley 1997a). Elles sont surtout utilisées par des cartographes et aminageurs, pour effectuer des traitements de données géographiques, qui seraient irréalisable ou très coûteux à faire à la main (Longley 1997a). Ces outils permettent de traiter des données spatiales à des fins diverses (Burrough 1986; Curry 1998).

- Les SIG sont aussi des outils d'aide à la décision. Les résultats des SIG sont un support pour la prise de décision. En effet, le SIG peut être considéré comme "un système d'aide à la décision impliquant l'intégration des données à référence spatiale dans un environnement de solution de problème" (Cowen 1988). Les fonctions de collecte, de stockage, de manipulation et d'analyse de données à référence spatiale d'un SIG sont destinées en premier lieu à la prise de décision (Grimshaw *et al.* 1993). Ils permettent de relever des challenges concernant la gestion et l'analyse des données environnementales (Chakhar 2006).

- Les SIG considérés comme bases de données géo-référencées (Figure 6**)**. Les SIG sont aussi perçus comme un cas particulier de système d'information, dans lequel la localisation géographique est une caractéristique importante (Aronoff, 1991). Ils sont dotés d'un système de gestion des bases de données (SGBD) (Scholl et *al*. 1996). Ils utilisent la dimension spatiale comme premier moyen pour stocker et accéder à ces données. La particularité de la base de données réside dans sa capacité à modéliser des objets, des activités et des phénomènes distribués dans l'espace et qui partagent des relations topologiques (Dueker, 1979, cité dans Maguire *et al.* 1991). La plupart des informations sont en effet spatialement indexées à l'intérieur de la base de données et font l'objet de procédures spécifiques (requêtes

et analyses) en réponse à des questionnements d'ordre spatial (Smith *et al.*, 1987, cités dans Fischer *et al.* 1996; Burrough et McDonnell 1998).

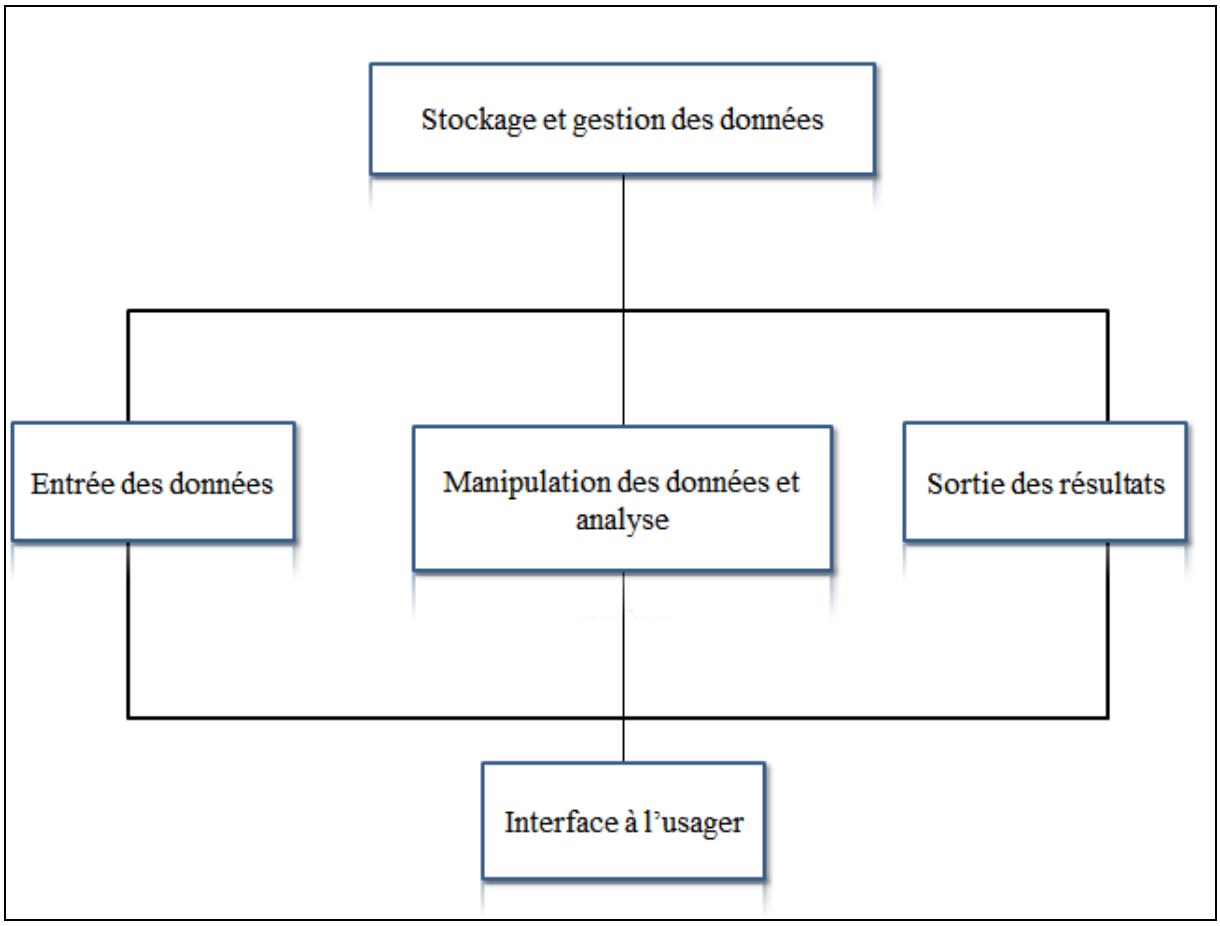


Figure 6. Structure d'un SIG—Source : (Malczewski 1999)

Cette classification des fonctionnalités des SIG n'est pas exhaustive, néanmoins, elle permet de définir les principaux constituants des SIG (Maguine *et al.* 1991). Ces constituants sont des sous-systèmes (i) technologiques relevant de l'environnement matériel et logiciel, de l'architecture du système ainsi que du développement de fonctions d'analyse; (ii) informatifs, dépendant d'une base de données à la fois géographiques et attributaires. (Mullon et Boursier 1992) relèvent par ailleurs le cas particulier de l'utilisation des SIG dans certains domaines, qui intègrent des échelles très diverses et mettent l'accent sur les possibilités d'analyse spatiale et de simulation plutôt que sur les aspects de gestion de données géoréférencées. Les études d'impacts sur l'environnement et d'aménagement, les observatoires du territoire ainsi que les projets de recherche scientifique de modélisation environnementale, en sont des exemples.

1.2.1.2 Les SIG comme outils de gestion du territoire

Dans le cadre d'une gestion du territoire, les SIG sont utilisés de différentes manières et à différents niveaux. Ils sont utilisés soit d'une manière simple comme base de données du territoire ou sophistiquée pour la réalisation d'analyses spatiales sur lesquelles les acteurs peuvent s'appuyer pour prendre leurs décisions. En général, l'utilité des SIG dans la gestion

d'un territoire peut se résumer à trois fonctions (Goodchild 1992) : l'archivage, la production des cartes et la représentation des données ainsi que l'aide à la décision.

Le premier rôle des SIG est l'archivage des données à référence spatiale dans une structure informatisée. Dans ce rôle, les SIG constituent un système de transactions permettant de réaliser des opérations de gestion des données (Maguine *et al.* 1991). Ils possèdent la capacité d'organiser de grandes quantités d'informations de manière systématique dans une base de données (Aronoff 1991) dans le but d'assurer la compilation d'informations utiles pour la gestion et l'aménagement territorial (Golay et Riedo 2001). Dans le domaine de la gestion des ressources naturelles, les SIG sont principalement utilisés comme un moyen de stockage, d'inventaire et de mise à jour de l'information territoriale (Longley 1997a). Le second rôle des SIG consiste en la production de cartes et la représentation des données (Goodchild 1992). Ce rôle est de grande importance dans la compréhension des phénomènes spatiaux et peut s'avérer un outil de sensibilisation très performant. La modélisation d'un territoire sous forme de cartes constitue en effet un langage commun a tous les acteurs et permet de donner une vision partagée du monde. La définition d'un modèle de données cohérent facilite ainsi l'identification des problèmes et le dialogue entre les différentes parties prenantes. Cette étape préalable est de grande importance pour l'analyse et l'exploitation des données.

Le troisième rôle joué par les SIG est celui d'outil d'analyse et d'aide à la décision. Ils permettent ainsi de gérer des données attributaires des relations spatiales. Ce qui leur confère le rôle d'outils les mieux adaptés pour l'analyse de données géographiques (Obermeyer et Pinto 1994) tel que la transformations des données brutes en informations spatiales utiles pour aider les décideurs dans leurs activités (Longley 1997a). Dans le cadre d'une analyse des impacts d'une politique territoriale ou d'une stratégie de développement, les SIG permettent de générer des scénarios d'évolution potentielle (Fischer 1996). Le traitement des données géographiques permet ainsi de dégager les grands traits de l'organisation du territoire et de construire des modèles de simulation (Thériault *et al.* 2002). L'usage et le rôle attribué aux SIG dépendent de la perception et des objectifs fixés par l'utilisateur (Maguine *et al.* 1991). Les SIG sont tout à la fois des mémoires du territoire, des moyens de cartographie, des boîtes à outils, des ressources, des technologies, mais aussi des outils d'aide à la décision (Laurini et Thompson 1992).

1.2.2 Les Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision (SIAD) dans le domaine de l'agriculture

Dans le cadre de gestion d'une problématique issue de l'interaction homme/nature cas de la pollution phytosanitaire diffuse d'origine agricole, l'utilisation des Systèmes Interactifs d'aide à la Décision, dénommés SIAD, devient primordial. Les Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision (SIAD) intéressent des décideurs individuels ou collectifs. Ils mettent l'accent sur le processus de raisonnement des choix et l'évaluation de leurs conséquences. Définis comme étant un système d'information interactif, flexible, adaptable et spécifiquement développer pour aider à la résolution d'un problème de décision en améliorant la prise de décision, les SIAD ont pour objectif « *d'amplifier le raisonnement du décideur sur la base de ses propres représentations* » (Courbon 1993). Ces outils ont une place privilégiée lorsque les problèmes sont peu, voire non structurés (Stabell 1988; Lévine et Pomerol 1989; Attonaty *et al.* 1999). Les SIAD utilisent des données, fournissent une interface utilisateur simple et autorisent l'utilisateur à développer ses propres idées ou points de vue. Ils peuvent utiliser des modèles standards ou spécifiques, supporter les différentes phases de la prise de décision et inclure un système à base de connaissances (Moore et Chang 1980; Turban 1993). Les modèles utilisés sont de formes variées, on distingue des modèles pour *comprendre* mais aussi des modèles pour *prédire* (Legay 1996). Ces modèles peuvent être des modèles de représentation des

processus physiques (Donnely et Moore 1997), des modèles spatialisés (SIG) (Caplat *et al.* 2006), des modèles de représentation des pratiques agricoles (Chatelin *et al.* 1993) (Attonaty *et al.* 1999) ou des modèles économiques (Scott Morton 1971). Ces modèles peuvent être utilisés seuls ou conjointement pour participer aux processus de décision (modélisation d'accompagnement) (Barreteau 2003; Mendoza et Prabhu 2005; Le Grusse *et al.* 2007).

1.2.2.1 Utilité des SIAD pour la gestion des exploitations agricoles

Les SIAD ont une place privilégiée lorsque les problèmes sont peu, voire non structurés (Stabell 1988 ; Lévine et Pomerol 1989 ; Attonaty *et al.* 1999). Ces problèmes peuvent être caractérisés par les éléments suivants (Klein et Tixier 1971) :

- les préférences, jugements, intuitions et l'expérience du décideur sont essentiels ;
- la recherche d'une solution implique un mélange de recherche d'information, de formalisation ou définition et structuration du problème, du calcul et de la manipulation de données ;
- la séquence des opérations ci-dessus n'est pas connue à l'avance parce qu'elle peut être fonction des données, être modifiée, peut ne donner que des résultats partiels, ou encore peut être fonction des préférences de l'utilisateur ;
- les critères pour la décision sont nombreux, en conflit et fortement dépendant de la perception de l'utilisateur ;
- la solution doit être obtenue en un temps limité ;
- le problème évolue rapidement.

Les applications basées sur les SAID qui mettent l'accent sur la gestion de l'environnement sont examinées en détail dans la littérature (Hipel *et al.* 2008), mais peu sont opérationnels (Zekri et Boughanmi 2007). Ces outils de modélisation et d'aide à la décision sont basés sur l'hypothèse la plus importante qui concerne la rationalité supposée des acteurs (Simon 1976; Simon 1982; Russel 1999). Trois types de rationalité paraissent cohérentes avec les connaissances que nous avons du monde agricole (Petit 1982) : (i) la rationalité complète héritée de la théorie économique ; (ii) la rationalité limitée et procédurale héritées de Simon (1982), et la rationalité adaptative de Cyert et March (1963). Nous mentionnons comme exemple de SIAD, les plates-formes de simulation technico-budgétaires, Ces outils de modélisation sont d'une grande utilité pour la problématique de la pollution phytosanitaire diffuse et la gestion des exploitations agricoles. « Olympe » est une de ces plates-formes de simulation technico-budgétaires que nous avons utilisé dans notre étude.

1.2.2.2 Exemple la plate-forme technico-budgétaire « Olympe »

Les plates-formes de simulation technico-budgétaires sont des SIAD qui contribuent à l'amélioration du dialogue entre le conseiller et l'agriculteur en considérant la gestion stratégique non pas comme la recherche d'un objectif, mais comme un processus d'apprentissage. Cette approche se rattache en grande partie au courant de la rationalité adaptative, et c'est ici que se situe le simulateur Olympe (Attonaty *et al.* 1999), simulateur que l'on a utilisé dans notre approche. Le fonctionnement d'Olympe répond à la conception des Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision (SIAD). Keen et Scott (1978) définissent Olympe comme « un système ouvert qui augmente la qualité des processus de décision plutôt que leur productivité ». De cette définition, il ressort qu'Olympe n'est pas un outil qui cherche une solution optimale mais qui cherche à amplifier le raisonnement (Courbon 1993). Il est

utilisé de préférence quand les problèmes sont mal structurés (Attonaty *et al.* 1999). Il a été conçu à la Station d'Économie et Sociologie Rurale à l'INRA Grignon par Attonaty comme outil d'aide à la décision. Pour un décideur, Olympe sert comme *« un modèle qui simule les conséquences de certains aspects de ses raisonnements de gestion, les met en situation d'apprentissage et de modification/confirmation de ses règles de décision, dont il peut apprécier la pertinence au regard de ses projets et du devenir de l'entreprise qu'il perçoit »* (Attonaty et Soler 1992). Olympe prend en compte des aspects techniques, économiques ainsi que des aspects climatiques. À l'aide de ce logiciel, nous pouvons faire des simulations au niveau d'une seule exploitation, au niveau d'un ensemble d'exploitations (sous-région) jusqu'au niveau de l'ensemble de sous régions (régional). Dans le domaine agricole, ces outils ont été créés initialement pour être des programmes simulateurs du développement des systèmes techniques et de prévisions budgétaires (Attonaty *et al.* 1999). Olympe n'a pas comme objectif de fournir la solution optimale, c'est seulement un instrument destiné à faciliter la construction de solution dans le cadre d'un dialogue entre décideurs et conseillers. Il constitue aussi une base de données (Figure 7).

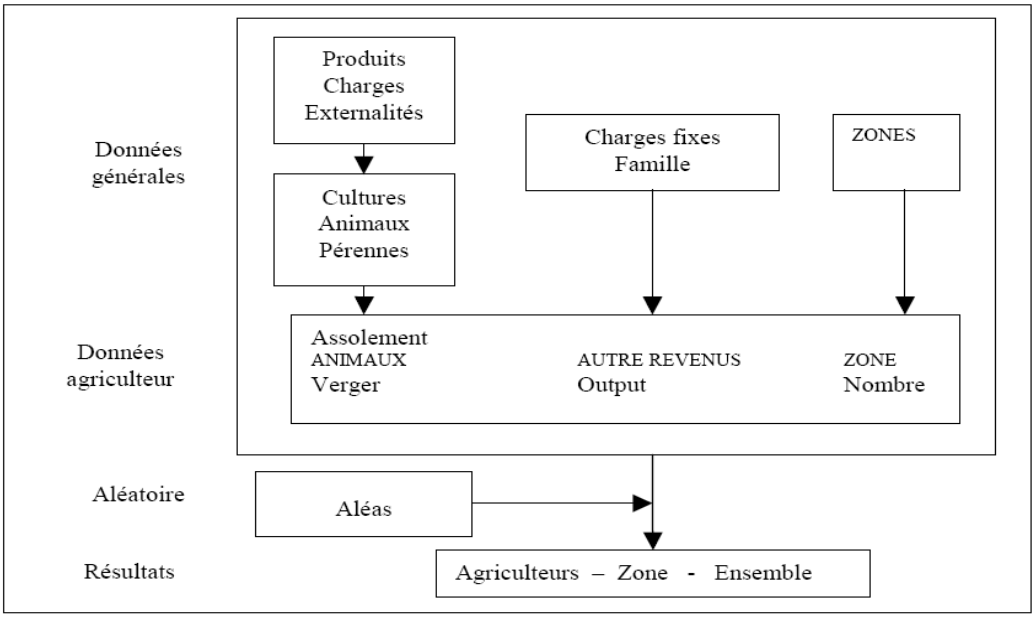


Figure 7. Olympe, base de données et simulateur (Source : Le Bars et Snoeck 2007)

Les SIAD utilisent un cadre de représentation des connaissances qui permet de formaliser un modèle d'action sous forme de règles de décision, le formalisme du langage étant proche des représentations des acteurs et manipulables par des conseillers non spécialisés en modélisation (Le Bars 2003). Les fonctionnalités du modèle Olympe vont plus loin : quand l'objectif est la recherche de solutions au niveau global, il permet de Travailler à différents niveaux d'agrégation, il permet de simuler et d'évaluer les résultats d'un ensemble, il est également susceptible d'être utilisé pour l'aide à la décision pour la mise en œuvre d'une stratégie concertée. L'usage d'Olympe dans notre étude, pour la gestion de la problématique de la pollution phytosanitaire diffuse au niveau du bassin versant de la Merja Zerga, s'aligne avec ce qui a été cité précédemment. Cet outil peut être utilisé seul ou avec des jeux pour la mise en place de règles de jeux collectives.

1.3 Les théories des jeux dans le domaine agricole

L'augmentation des situations complexes à gérer notamment celles où il y a interaction entre société et nature et la mise en place de cadres législatifs, comme la convention d'Aarhus[19], demandant l'implication du public dans les processus de décision, ont fait de la théorie des jeux une alternative d'aide à la décision. La théorie des jeux propose « *d'étudier toute situation dans laquelle les agents rationnels interagissent, son champ d'application est extrêmement vaste*» (Choumette 1997). Différentes catégories de jeu sont issues de cette théorie, comme par exemple les jeux ayant une portée sociale et les jeux techniques, distingués par (Renard et Picouet 1993) et ont lieu conjointement avec les approches de modélisation (Bousquet *et al.* 2002). Deux catégories sont utilisées dans le domaine agricole: des jeux de rôles (D'Aquino *et al.* 2003) ou des jeux de simulation (Mayer et De Jong 2004). Ils sont construits autour de SIAD. Pour la gestion des ressources, le Collectif ComMod (2006) utilise la combinaison entre des systèmes multi-agents (SMA) et des jeux de rôles. Ces jeux de rôles ont une portée sociale et sont généralement utilisés pour comprendre les interrelations entre acteurs autour d'une situation (Barreteau 2003). En revanche, les jeux de simulation servent à tester les conséquences de situations de choix ou des cas de gestion à partir d'un modèle formalisé tels que les jeux de simulations. Ces jeux permettent d'augmenter la participation du public dans les activités de modélisation restent relativement rares (Johnson 2009) malgré la mise en place de cadres législatifs, tel que la convention d'Aarhus, demandant l'implication du public dans les processus de décision.

1.3.1 Les jeux de simulation

Tels qu'ils sont utilisés dans des travaux de recherche, les jeux de simulation définis comme « *étant des caricatures de la réalité* » (In Defense of Games, 1966) visent à (i) construire une représentation de l'agriculture pour une analyse prospective, (ii) mettre les acteurs en situation de décision individuelle et collective et (iii) analyser collectivement les impacts des choix individuels et des décisions collectives au niveau d'un territoire. Lors de travaux de recherche précédents, plusieurs jeux de simulations ont été développés pour la gestion de l'eau sur différents bassins (Le Bars et Le Grusse 2008; Le Bars *et al.* 2012), des exploitations agricoles (Le Bars *et al.* 2012) et de l'environnement (Le Grusse *et al.* 2012; Ayadi et *al*., 2013). Dans ces jeux, les joueurs représentent de véritables acteurs qui sont confrontés à des problèmes réels. Le résultat du jeu n'est pas défini à l'avance, mais se révèle au cours de l'interaction sociale. Différents comportements peuvent donc émerger des interactions entre les parties prenantes. Mayer et De Jong (2004) décrivent les trois principales fonctions des jeux de simulation comme suit: *«(i) d'apprentissage: les participants peuvent apprendre de l'expérience. (ii) la recherche : le jeu est un environnement expérimental par lequel les chercheurs peuvent en apprendre davantage sur le système de l'interaction entre les participants et l'interaction entre les participants et (ordinateur) des modèles. (iii) Intervention: les jeux sont des environnements expérimentaux dans lesquels les chercheurs et les participants peuvent faire des déductions théoriques et instrumentales pour la prise de décision réelle* ». Un jeu de simulation permet: (i) la dynamique de groupe qui sera créé à travers les interactions entre les acteurs et (ii) de nouvelles questions à explorer, tester et développer. Angelides (1999) souligne que les jeux de simulation offrent aux joueurs la

Convention d'Aarhus [19]: La Convention sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement, dite Convention d'Aarhus, a été signée lors de la quatrième Conférence ministérielle «Un environnement pour l'Europe» à Åarhus (Danemark) le 25 juin 1998. Cette Convention a été rédigée dans le cadre de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies (CEE-ONU), en application du Principe 10 de la Déclaration de Rio (1992).

possibilité de développer des compétences dans la vérification d'hypothèses, la logique et le raisonnement inductif et déductif d'une manière indirecte à travers un exercice de prise de décision séquentielle. La fonction de base de l'exercice est de fournir une situation virtuelle, mais réaliste, de l'environnement qui permet aux joueurs de vivre les conséquences de leurs décisions par une réponse immédiate. Les jeux de simulation sont particulièrement efficaces pour aborder l'apprentissage de savoirs complexes, cas de la problématique de pollution phytosanitaire diffuse en zone Ramsar (Snellen et Murray 1991).

1.3.2 Exemple de Jeu de simulation : MEDTER

MEDTER est un jeu de simulation technique pour la gestion agricole en zone méditerranéenne d'où son intitulé « MEDTER ». Il s'agit d'un jeu technique piloté et construit autour la plate-forme Olympe. Il a été le fruit d'une collaboration entre les enseignants du CIHEAM-IAM Montpellier et des chercheurs de l'INRA Paris-Grignon. Il est destiné à des étudiants, des conseillers agricoles, des agriculteurs ou des responsables professionnels pour illustrer à travers une démarche participative la diversité des stratégies des acteurs, les difficultés de négociations et d'élaboration des choix collectifs pour chacun des acteurs et pour l'ensemble de la région où ils se trouvent (Allaya *et al.* 2004).

Dans le jeu, chaque joueur a une exploitation ou un groupe d'exploitations à gérer. Les facteurs liés à l'exploitation décrits sont la disponibilité en terre, en main-d'œuvre selon différents niveaux et différents coûts, un quota initial de disponibilité en eau et des tranches proportionnelles à la surface avec les prix correspondants.

La région agricole est caractérisée aussi par l'évolution de sa production, des consommations et de disponibilités en facteurs de productions, ainsi que par celle des marchés et des prix pratiqués.

Au cours du jeu, l'agriculteur est invité à questionner ses méthodes de décision dans un contexte virtuel, pour se décider sur un plan de production. Ce jeu se déroule en deux phases. Une première phase sans négociation où le joueur ne connaît ni les disponibilités en eau ni les prix des produits qui dépendent des décisions des autres joueurs. Dans une deuxième phase, avec ou sans négociation entre les joueurs, le modèle utilisé calcule les rendements en fonction de la quantité d'eau disponible, des prix, de la production et de la demande totale.

Au cours des jeux, les agriculteurs sont invités à questionner leurs méthodes et stratégies à travers des simulations répétées, dans lesquelles ils vont juger les conséquences des éventuelles modifications dans la gestion de leurs exploitations, les éventuels impacts des formes associatives ou collectives possibles, ainsi que les modifications du contexte dans lequel se développent ces décisions. Ceci réduit le niveau d'incertitude attaché à une décision généralement stratégique.

L'analyse du jeu MEDTER par (Le Grusse 2001) a montré que :

- Sans négociation, l'apprentissage individuel des acteurs se traduit par une hausse des performances globales du système, mais il atteint vite un palier dans un système dont les ressources sont contraintes et les marchés limités.
- La mise en œuvre d'un processus de négociation permet, avec la régulation des facteurs sujets à des crises, d'améliorer de nouveau la performance des systèmes jusqu'à un nouveau palier.

- La représentation globale du système régional n'est pas naturelle et la construction des règles de gestion collective s'élabore élément par élément notamment sur les points ayant entraîné des conflits.

D'après le même auteur, la mise en œuvre de ce jeu virtuel en situation réelle permet de mieux comprendre les processus de construction de règles de gestion collective et constitue un excellent outil d'apprentissage à la négociation et support de test pour de nouvelles règles de gestion collective.

Dans ce qui précède nous avons pu voir l'intérêt de la modélisation comme moyen d'aide à la décision. Nous avons aussi pu voir les lacunes que présentent ses outils (problèmes de l'accessibilité aux données et paramètres d'entrée) (Dubus *et al.* 2003), sensibilité à la calibration (Chahinian *et al.* 2005, 2006) et qui constituent le plus souvent des obstacles à l'utilisation ces modèles dans le domaine de l'agriculture. Pour pallier en partie ce problème, les pratiques agricoles sont formalisées au moyen d'indicateurs agri-environnementaux.

2. Indicateurs d'évaluation des impacts des pesticides sur la santé humaine et l'environnement

Les effets des pesticides sur l'environnement a donné lieu à de nombreuses recherches, notamment sur les différents types d'indicateurs. Afin de pouvoir choisir les indicateurs qui peuvent convenir à notre recherche un bilan de ces méthodes s'impose.

2.1 Définitions et classifications

La nécessité de disposer de critères de connaissance sur les risques phytosanitaires se fait de plus en plus sentir à tous les niveaux de décision. Concernant la pollution phytosanitaire diffuse, des grands efforts sont faits pour aider les acteurs locaux à gérer les pratiques phytosanitaires en utilisant des indicateurs agri-environnementaux. (Charlier 2010) a défini les indicateurs comme « *des variables […]qui fournissent des renseignements sur d'autres variables plus difficiles d'accès […]. Les indicateurs servent de repère pour prendre une décision* ». De cette définition nous retenons que le recours aux indicateurs lorsqu'il est impossible ou très difficile de parvenir à évaluer une situation donnée par mesure directe est une nécessité. Du fait qu'un indicateur est « *une grandeur qui fournit une information au sujet d'une variable plus difficile d'accès ou d'un système plus complexe afin d'aider un utilisateur dans son action (prise de décision, construction d'un programme d'action, modélisation....* ». Cette grandeur a pour finalité de réduire l'information et de rendre la réalité accessible aux utilisateurs ou décideurs sous forme d'outil de diagnostic ou d'aide à la décision (Girardin *et al.* 1999). Cela peut aussi être *« des mesures alternatives qui sont utilisées pour décrire une situation quand il n'est pas possible, pour des raisons techniques ou financières, de l'évaluer directement* » (Mitchell *et al.* 1995).

Pour évaluer les impacts des pesticides sur la santé humaine et l'environnement, il est indispensable de prendre en compte les dangers (toxicités intrinsèques) et le degré d'exposition (concentration prévisible du pesticide dans l'environnement (Commission européenne 1994).

Selon le modèle causal « pression et impact, état, suivi,» de classification des indicateurs, élaborés par (Gassiat *et al.* 2010) on dispose de quatre grandes familles d'indicateurs pour mettre en place un processus d'évaluation des effets d'un pesticide sur la santé humaine et l'environnement. Ce sont :

- Des indicateurs de pression (P) qui visent à mettre en évidence l'effet environnemental des pratiques agricoles sur l'environnement. Le concept de pression fait référence aux causes induisant des changements d'états et des impacts (Zahm et Gassiat 2009).
- Des indicateurs d'impact (I) qui caractérisent les effets ultimes causés par les changements d'état.
- Des indicateurs d'état (S) qui correspondent à des mesures directes de l'état du milieu (flore présente, concentration d'une matière active dans l'eau, etc..).
- Des indicateurs de réponse ou de suivi (R) qui évaluent dans quelles mesures les modifications de pratiques via, entre autres, des programmes d'action ont atteint les objectifs fixés.

Pour l'évaluation a priori des effets des pesticides, les indicateurs de pressions et d'impacts de parts leurs positions dans la chaine causale des effets, sont les plus appropriés pour relier les pratiques de l'agriculteur aux conséquences sur l'environnement (Zahm et Gassiat 2009). Ils peuvent être classés en deux types: simple ou composite (Bockstaller *et al.* 2008). Un indicateur simple est issu de mesures directes ou qui est estimé par modélisation (Girardin *et al.* 1999) tandis qu'un indicateur composite est issu d'une agrégation de plusieurs variables ou de plusieurs indicateurs simples mesurés ou estimés (Devillers *et al.* 2005). Selon ce même auteur, ces outils agrègent de manière plus ou moins complexe des variables considérées influentes sur le processus à appréhender. Par souci de lisibilité les indicateurs sont exprimés sur une même échelle après une transformation mathématique sous forme de scores (Van Der Werf 1996), d'un classement relatif (Vaillant *et al.* 1995), d'une estimation quantifiée (Trevisan *et al.* 1999) ou de rang (Aurrousseau *et al.* 1998).

2.2 Multitude d'indicateurs et spécificité des méthodes

Les politiques actuelles de réduction des produits phytosanitaires, tel que le Plan Ecophyto 2018, utilisent essentiellement des indicateurs « de pression » dont l'Indicateur de Fréquence de Traitement (IFT) (Champeaux 2006; Pingault *et al.* 2009). L'IFT, proposé par le gouvernement français, issu d'un indicateur danois, est un indice de pression ne tenant nullement compte des propriétés toxicologiques des molécules contenues dans les produits. Il est calculé par hectare pour chaque traitement réalisé et correspond au ratio de la dose appliquée par l'agriculteur sur la dose homologuée du produit. Il existe un ITF herbicide et un IFT hors herbicide par culture et par exploitation correspondant à la somme des IFT de chaque traitement herbicide et non herbicide. Du fait de sa limitation à l'expression d'une fréquence de traitement, cet indicateur nécessite dans son application la définition de normes locales (régionales) et ne permet pas une comparaison pertinente des cultures et des systèmes de production. Actuellement certaines cultures (principalement en arboriculture et en maraîchage) ne possèdent pas de référence régionale, d'autres présentent de grandes diversités d'une région à l'autre. L'IFT peut être pertinent en termes de corrélation avec un niveau de toxicité dans une agriculture homogène en termes de production et de conditions climatiques ; qu'en est-il dans une agriculture diversifiée et dans des conditions climatiques variables ?

En complément des indicateurs de pression, des indicateurs dits d'impacts (Duchesne *et al.* 2003; Samuel *et al.* 2007) ont été développés devant permettre d'évaluer les risques des pesticides sur l'environnement. Dans leur calcul plusieurs facteurs sont intégrés: les pratiques agricoles, les écotoxicités sur la biodiversité et les caractéristiques du sol ou d'une masse d'eau (Van Der Werf et Zimmer 1998; NAIS 2000; OCDE 2000; NAIS 2004; Bockstaller *et al.* 2006) (Samuel *et al.* 2007; Zahm *et al.* 2007; Bockstaller *et al.* 2008; Wohlfahrt 2008).

L'état des lieux des indicateurs disponibles ainsi que des domaines qu'ils couvrent a été fait par plusieurs chercheurs (Duchesne *et al.* 2003; Clergue *et al.* 2005; Devillers *et al.* 2005; Levrel 2006; Zahm et Gassiat 2009) ont montré que les indicateurs permettant une évaluation globale des risques des phytosanitaires au niveau de différentes échelles spatiales sur différents types d'écosystèmes ne sont pas très nombreux. En effet, l'étude faite par (Devillers *et al.* 2005) a montré que le compartiment « eaux de surfaces » intéressent 80 % des indicateurs étudiés, le compartiment « eaux souterraines » 58 %, le compartiment sol 35 % alors que le compartiment « air » ne présente que 19 %. Le même auteur précise que ces indicateurs ne s'appliquent généralement que sur une seule échelle spatiale ou à un organisme vivant et ceux utilisé au niveau du bassin versant sont rares ou ont été développés dans un contexte particulier afin de répondre à un objectif précis (Devillers *et al.* 2005). Les acteurs de terrain (agriculteurs, gestionnaires de l'eau, etc) ont besoin d'indicateurs génériques, simples d'utilisation à différentes échelles spatiales (de la parcelle culturale au bassin versant) et modulables suivant les conditions de l'environnement récepteur, du fait de la complexité de la réalité pour être appréhendée par des mesures directes.

Les principales préoccupations de ces acteurs sont de :

- classer les substances en vue d'identifier celles qui sont les plus à risque pour l'environnement ou la santé humaine ;
- évaluer l'impact des pesticides sur l'environnement (qualité de la ressource en eau,...) ;
- choisir un produit de substitution pour un usage donné en vue de réduire les risques associés ;
- rendre compte de l'efficacité d'une modification de pratiques ou d'une politique (mesure agri-environnementale, etc.).

Pour pallier aux inconvénients des deux méthodes, nous proposons une méthode basée sur le couplage de la modélisation participative, des indicateurs et de jeux de simulation avec la participation des parties prenantes.

3. Démarche méthodologique adoptée : couplage des SIG, d'un Système Interactif d'Aide à la Décision (SIAD) et d'indicateurs et jeu de simulation avec la participation des parties prenantes

Dans le cadre d'une démarche participative, ce projet a pour objectif d'élaborer une méthodologie permettant de tester les impacts agro-environnementaux et technico-économiques d'une réduction raisonnée de l'utilisation des pesticides et de simuler différents scénarios de pratiques agricoles en tenant compte de la viabilité économique des exploitations, de la durabilité écologique et de l'équité sociale au niveau d'un territoire. La modélisation et l'évaluation par des indicateurs sont des outils complémentaires et qui s'imposent pour traiter d'une part les interactions entre usages (et entre usagers) et d'autres part les phénomènes concernant de grandes étendues ou de longues périodes de temps, échelles auxquelles l'expérimentation est difficile. Du point de vue méthodologique, le territoire agricole est appréhendé selon une logique systémique. Ses composantes sont définies par les exploitations agricoles, l'environnement correspondant au milieu naturel et au contexte socio-économique (marché et règlementation). Les pratiques phytosanitaires et les caractéristiques du milieu naturel constituent des entrées des modèles. Elles sont formalisées et évaluées sous la forme d'indicateur de fréquence de traitement (IFT), d'indicateur de toxicité pour la santé de l'applicateur (IRSA) et environnementale (IRTE).

Afin de pallier aux lacunes des approches citées ci-dessus, nous avons adopté une approche basée sur l'analyse spatiale et systémique, l'emboîtement d'échelles spatiales. Elle repose sur l'utilisation conjointe et interactive de plusieurs outils : les Systèmes d'informations géographiques (SIG), les indicateurs de pression et de toxicité, une plate-forme de modélisation technico-économique et un jeu de simulation au moyen desquels sont exploitées les données issues de la recherche bibliographique, des relevés de terrain par GPS, d'enquêtes auprès des agriculteurs et des agents des ORMVA du Gharb et du Loukkos. La démarche que nous proposons a pour objectif d'être le plus générique possible.

3.1 Acquisition des données d'entrées pour les modèles

L'objectif de cette partie est la description du milieu physique et agricole du territoire de la Merja Zerga.

Dans la pollution phytosanitaire diffuse d'origine agricole, deux grandes catégories de facteurs interviennent : les facteurs liées au milieu naturel et les facteurs technico-économiques.

L'acquisition des données d'entrées pour les modèles utilisés tout au long de notre démarche consiste (i) en une caractérisation du milieu physique et (ii) de l'agriculture du territoire de la Merja Zerga.

3.1.1 Caractérisation de l'espace naturel du territoire

Les facteurs du milieu naturel conditionnent le transfert des molécules phytosanitaires tels que les types de sols, les réseaux hydrographiques et d'assainissement, l'occupation des sols, la topographie (pentes, altitudes, etc).

L'acquisition et l'analyse des données ont été les premières activités de la démarche tant au niveau de la caractérisation du terrain d'étude que pour l'élaboration des modèles de calcul d'indicateurs. Pour la caractérisation du territoire de la Merja Zerga, nous avons dû construire une base de données géoréférencées et mettre en œuvre une analyse spatiale. Cette base de données a été élaborée en associant de multiples sources d'informations afin de caractériser le milieu physique (hydrographique, sols, pentes, etc.) et l'occupation de l'espace. Cette caractérisation du milieu physique a permis d'établir des cartes de contraintes agronomiques et de vulnérabilité du milieu vis à vis de la contamination par les produits phytosanitaires.

3.1.2 Caractérisation de l'espace agricole du territoire

Les facteurs technico-économiques sont caractérisés par les choix des cultures, leurs localisations géographiques par GPS et les pratiques agricoles adoptées (date de traitement phytosanitaire, types de produits phytosanitaires, etc). 65 enquêtes ont été effectuées au niveau du territoire de la Merja Zerga en 2011 et 2012 et une procédure de constitution des bases de données spatialisées a été mise en place.

3.2 Développement d'indicateurs et évaluation des risques de toxicité pour la santé de l'applicateur (IRSA) et environnementale (IRTE).

3.2.1 Conception des indicateurs

Comme nous avons mentionné dans l'analyse bibliographique ci-dessus, l'inexistence d'indicateur qui peut répondre à aux objectifs nous a conduit à développer deux indicateurs d'évaluation des risques sur la santé humaine (IRSA) et l'environnement (IRTE).

Ce Travail fait références à des travaux norvégiens et québécois et les propriétés physico-chimiques des molécules répertoriées dans différentes bases de données dont Footprint[20]. Il est à noter que notre but n'est pas de faire de l'expérimentation mais de récolter les données déjà existantes.

3.2.3 Calcul des indicateurs (IFT, IRSA, IRTE) sur les itinéraires techniques des systèmes de production de la Merja Zerga

À l'issue des enquêtes réalisées dans les exploitations agricoles au niveau bassin versant de la Merja Zerga, nous avons évalué les pratiques phytosanitaires des agriculteurs à travers le calcul d'un indicateur de fréquence de traitement (IFT) et d'un indicateur de risque de toxicité pour la santé humaine (IRSA) et environnementale (IRTE). Une partie du calcul d'IRSA est faite par EToPhy et l'autre partie par le modèle technico-économique Olympe. Le calcul de l'IFT est effectué dans le modèle technico-économique. Celui de l'IRTE est effectué sous Excel.

3.3. Typologie des systèmes de production et modèles agro-économiques

La mise en place d'une typologie représentative des systèmes de productions végétales et leur modélisation agro-économique a été réalisé en deux phases : la construction de la typologie proprement dite suivant un fonctionnement spatial et la régionalisation et la spatialisation par le SIG.

3.3.1 Typologie des exploitations agricoles suivant un fonctionnement spatial

Les données collectées lors des enquêtes ont été stockées dans une base de données géo-référencée. Une typologie des exploitations agricoles et une typologie des systèmes de cultures associés à chaque type d'exploitation a été construite à dire d'acteurs. L'ensemble des données ont été ensuite introduites dans le modèle économique et l'identification des exploitations types nous a permis de définir le modèle régional par agrégation des exploitations types.

[20] Foot print : outil d'évaluation et de gestion des risques liés aux pesticides en Europe. La base de données a été développée par l'agriculture et l'Unité de recherche sur l'environnement (AERU) à l'Université de Hertfordshire (Angleterre) dans le cadre du projet Footprint financé par l'Union Européenne.

3.3.2 Régionalisation et spatialisation des modèles agro-économiques, intégration dans le SIG : bassin de la Merja Zerga.

La représentation spatiale de l'ensemble des exploitations avec indicateurs économiques et environnementaux a eu lieu par couplage du modèle agro-économique (Olympe,) à une représentation cartographique (SIG). Cela a pour objectif de représenter les impacts de l'évolution du comportement des agriculteurs dans différents scénarios (assolements, réduction des doses appliqués...) au niveau du territoire de la Merja Zerga.

3.4 Élaboration d'un jeu de simulation et proposition de scénarios pour une gestion concertée des phytosanitaires : un instrument de gestion et de négociation

Les approches fondées sur la simulation et la participation des acteurs constituent des alternatives pour l'évaluation d'une problématique environnementale avec la participation des parties concernées (Affisco 2000). Elles constituent des supports et outils d'appui à la participation des différents acteurs concernés (Le Grusse *et al.* 2012). Tels qu'utilisés dans ce Travail, les jeux de simulations visent à faire comprendre aux joueurs le fonctionnement technique et/ou économique d'un système qu'ils ont a` gérer (Carton et Karstens 2002).

Dans le cadre de la gestion de la pollution diffuse et dans une démarche participative, nous avons conçu une plateforme de jeu : SimPhy (Simulation des Phytosanitaires) mettant les acteurs[21] d'un territoire en situation de gestion des exploitations agricoles sous contraintes de réduction de phytosanitaires (quantité et toxicité) et soumis à des aléas de climat (types d'année de pression phytosanitaire. Les séances de simulation mettant en œuvre ce jeu ont eu plusieurs objectifs : tout d'abord en terme d'apprentissage et de compréhension des contraintes qui pèsent sur les différents systèmes de production, ensuite comme révélateur de différentes stratégies d'adaptation et de gestion du risque (en fonction du niveau d'aversion au risque), enfin comme expérience permettant de juger de la faisabilité d'objectifs réglementaires imaginés. Pour sensibiliser les acteurs nous présenterons les résultats sous forme spatiale.

Conclusion du chapitre III

Ce chapitre a été consacré à une analyse bibliographique de deux approches méthodologiques qui nous semblent convenir à une gestion concertée de la pollution phytosanitaires diffuse : la modélisation participative et l'évaluation par les indicateurs.

La modélisation participative est de grande utilité dans le domaine agricole. Elle constitue une méthode de recherche-intervention pour accompagner des décisions (Guérin-Schneider *et al.* 2011). La modélisation participative est basée sur une multitude d'outils d'aide à la décision. Ces outils sont interdisciplinaires. Trois grands groupes d'outils d'aide à la décision (SIG, SIAD et jeux de simulations) ont fait l'objet d'une analyse. Selon le type d'études à réaliser et le niveau de précision recherché, ces outils peuvent être utilisés individuellement ou ensemble. Ils conviennent à des problématiques peu structurées. Cependant, la difficulté de modéliser certains paramètres comme par exemples les risques liés aux produits phytosanitaires a poussé certains scientifiques à chercher une autre alternative. Ils ont eu

[21] À cause du problème d'analphabétisme des agriculteurs, nous avons eu recours à des étudiants de l'IAV Hassan II et des techniciens et ingénieurs des ORMVA pour simuler les différents scénarios. Ils se sont mis dans une position d'acteurs ou d'agriculteurs qui gèrent leur exploitation agricole.

recours à l'évaluation par des indicateurs. Ces dernières années un grand effort a été consacré au développement aux indicateurs agri-environnementaux. Ils sont même officialisés par les politiques internationales et nationales de nombreux pays. Dans le cas de la pollution phytosanitaire diffuse, les indicateurs ont été classés selon le rôle joué dans le processus d'évaluation (indicateurs de pression, indicateurs d'impact et indicateurs de réponse ou de suivi). Pour l'évaluation a priori des effets des pesticides, les indicateurs de pressions et d'impacts sont les plus appropriés pour relier les pratiques de l'agriculteur aux conséquences sur la santé humaine et l'environnement. Parmi les indicateurs de pression: l'Indicateur de Fréquence de Traitement (IFT) (Champeaux 2006; Pingault *et al.* 2009). L'IFT est utilisé en France pour la gestion de la pression phytosanitaire. Cet indicateur ne permet pas l'évaluation des risques sur la santé et l'environnement liés aux phytosanitaires. En complément de cet indicateur, se sont développés de nombreux indicateurs d'impacts. La spécificité d'un grand nombre de ces indicateurs à un contexte précis, la complexité du processus de pollution phytosanitaire, la multiplicité des parties prenantes concernées et la grande étendue des territoires agricoles limitent cependant la performance de ces outils. Pour pallier aux inconvénients des deux méthodes, nous avons proposé dans la troisième partie de ce chapitre une méthode basée sur le couplage de la modélisation participative, des indicateurs et des jeux de simulation avec la participation des parties prenantes. Cette méthodologie se veut générique. Elle a permis à des parties prenantes la mise en place d'une stratégie de gestion concertée au niveau d'un bassin versant de grande taille (plus de 900 km^2) dans un contexte où l'information est incomplète. Il s'agit d'une partie introductive à la deuxième partie de ce travail de thèse.

CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE

L'analyse bibliographique réalisée tout au long des trois chapitres nous a permis une mise en contexte de notre travail. Les éléments analysés mettent en exergue la complexité de la pollution phytosanitaire d'origine agricole. Les produits phytosanitaires sont d'une grande nécessité pour la protection des productions végétales mais source de nombreux effets négatifs pour la santé humaine de l'applicateur et de son environnement. La prévention de ces effets négatifs constitue un champ interdisciplinaire où le travail coopératif entre la géographie et l'agronomie portera ses fruits. En revanche, le manque d'outils adéquats nécessite des efforts pour la mise en place de méthode générique avec la participation des parties prenantes au niveau d'un territoire commun.

LES PRODUITS PHYTOSANITAIRES A L'INTERFACE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ENVIRONNEMENT

L'analyse bibliographique, illustrée au **chapitre I,** nous a montré que les produits phytosanitaires paraissent être une nécessité pour l'agriculture moderne. Ils assurent la protection des cultures, l'augmentation des rendements et l'amélioration des qualités des produits agricoles. En revanche, il s'est avéré qu'ils sont à l'origine de nombreuses catastrophes (Carson 1962) et sources d'impacts négatifs sur la santé de l'applicateur et son environnement. Leur bioaccumulation dans les organismes vivants engendre une multiplication des risques d'atteinte de certaines maladies à court et à long terme, notamment des troubles biologiques. Ces effets se traduisent par des pertes économiques et agronomiques telles que, le coût élevé des traitements des eaux potables, la baisse de la valeur des produits agricoles sur le marché. Enjeux de grande importance, la pollution diffuse induite par les phytosanitaires a attiré l'attention des parties prenantes à l'échelle internationale, nationale et locale. Afin de mettre en place une politique de gestion de la pollution phytosanitaire diffuse, la prise en compte de l'environnement comme contrainte est obligatoire. Différentes dispositions ont été prises. Elles s'inscrivent dans différentes échelles géographiques, du local au mondial, avec reconnaissance d'autonomie des territoires. Cette situation laisse la question sur le territoire et des outils adéquats pour une gestion de la pollution phytosanitaire restent posée. Phrase à reprendre

ALLIANCE DE LA GEOGRAPHIE AVEC L'AGRONOMIE POUR LA MISE EN PLACE D'UNE METHODE GENERIQUE POUR UNE GESTION CONCERTEE DE LA POLLUTION PHYTOSANITAIRE DIFFUSE

La confrontation des différents concepts de la géographie et de l'agronomie au **chapitre II** démontre que la géographie et l'agronomie constituent des « alliés » incontournables pour la gestion du fléau de la pollution phytosanitaire diffuse. Les deux disciplines ont largement traité des problématiques où le territoire, avec ses trois composantes (espace structuré, géré et perçu) et l'emboitement de ses échelles, de la parcelle au bassin versant, constituent des concepts transversaux. Il ressort de l'analyse bibliographique qu'une approche participative basée sur des représentations systémiques fédère le Travail interdisciplinaire des géographes et des agronomes. Elle nous permet d'analyser le territoire sous le concept de système de cultures, système de productions et système agraire par interaction des différentes unités spatiales entre elles, et avec l'extérieur, et par prise en compte des acteurs concernés, de leurs activités et de la perception de l'espace. Notre positionnement théorique offre ainsi une vision

à la fois systémique et analytique de la problématique environnementale induite par la pollution phytosanitaire diffuse.

Cette approche permet de dégager des apports à la fois heuristiques et méthodologiques. Une évaluation a priori de politiques publiques et du problème de la pollution phytosanitaire, afin de trouver un compromis entre la rentabilité économique et l'efficacité environnementale des interventions politiques pour la réduction des usages phytosanitaires, peut avoir lieu.

Dans le chapitre III, nous avons essayé de faire le tour des outils qui semblent convenir à une gestion concertée d'une problématique environnementale dans un contexte interdisciplinaire. L'intérêt de connaitre l'origine, les raisons et les impacts de la pollution phytosanitaire diffuse sur la santé humaine et l'environnement a amené le développement et l'utilisation de nombreuses méthodes et outils. Nous avons eu recours à la modélisation participative et aux outils d'aide à la décision : SIG, SIAD, jeux de simulations... La découverte des lacunes et de la complexité des outils de la modélisation (calibrage des modèles, accès aux données d'entrée…) a amené les spécialistes à faire appel à l'évaluation de la pollution phytosanitaire avec des indicateurs agri-environnementaux. Les indicateurs permettent de pallier aux déficits de mesures directes. Leur utilisation permet de faire des évaluations a priori et a postériori. En revanche, la majorité de ces indicateurs sont conçu pour résoudre une problématique spécifique. Dans un contexte méditerranéen, caractérisé par une agriculture diversifiée et des connaissances incomplètes sur la pollution phytosanitaire, la construction d'une méthode basée sur le couplage des outils de la modélisation (SIG, SIAD) participative et des indicateurs agri-environnementaux semble une solution adéquate pour la mise en place d'une stratégie de gestion concertée de la pollution phytosanitaire diffuse avec la participation des parties prenantes.

La construction de cette méthodologie est l'objet de la deuxième partie de ce Travail de recherche.

PARTIE II. CONSTRUCTION D'UNE METHODE POUR LE DIAGNOSTIC ET LA GESTION DE LA POLLUTION PHYTOSANITAIRE DIFFUSE D'ORIGINE AGRICOLE AU NIVEAU D'UN TERRITOIRE EN SITUATION D'INFORMATION INCOMPLETE

INTRODUCTION DE LA DEUXIEME PARTIE

PAR QUELLE METHODE EVALUER LA POLLUTION PHYTOSANITAIRE AU NIVEAU D'UN TERRITOIRE ?

Les questionnements sur les usages des pesticides, leur dispersion dans l'environnement, leurs impacts écologiques et la recherche de solutions permettant d'envisager une alternative ou une réduction de ces usages, voire dans certains cas de pouvoir se passer de ces substances, sont à l'origine d'une demande sociétale forte et multiforme. Cette demande sociétale s'est traduite par des questions adressées à la recherche : quelle méthode et outils faut-ils pour pouvoir relier des pressions anthropiques telles que celles associées à la contamination de l'environnement par les pesticides et/ou leurs produits de dégradation et quels impacts chimiques ou écologiques cela constitue ?

Les méthodes de gestion de la pollution phytosanitaires diffuse disponibles, de par leur caractère disciplinaire, ne permettent pas d'analyser le territoire dans son intégralité. Or pour répondre aux besoins d'aide à la décision des acteurs de la gestion de la pollution phytosanitaire diffuse, avec un objectif de durabilité globale des exploitations agricoles et des écosystèmes naturels, il est nécessaire de disposer d'outils d'analyses qui permettent d'intégrer des situations pour une gestion individuelle ou collective concertée.

Dans la même optique de répondre à ces demandes sociétales et d'aide à la décision, nous avons construit une démarche méthodologique capable d'évaluer les pratiques agricoles, la politique publique et le problème de la pollution phytosanitaire diffuse dans un contexte d'information incomplète. Construite avec la participation des parties prenantes, cette méthodologie est basée sur l'utilisation d'une fonction de production « d'ingénieur ». Sa construction est répartie en trois chapitres. Le **chapitre IV** consacré à la justification du choix du terrain objet de l'étude et son lien avec l'enjeu environnemental, le protocole d'acquisition des données de base. **Le chapitre** V est dédié à la construction d'une démarche d'analyse basée sur l'utilisation interactive d'indicateurs agri-environnementaux, d'un SIG et d'un modèle technico-économique. Leur utilisation conjointe selon une démarche participative doit nous permettra de connaître l'organisation spatiale des activités agricoles du territoire de la Merja Zerga et d'évaluer le lien entre les modalités de cette organisation et la variabilité spatiale des impacts des phytosanitaires sur la santé des agriculteurs et leur environnement. **Le chapitre VI** présente la construction d'un jeu de simulation en vue de mettre en place une stratégie de gestion concertée afin de comprendre le lien entre l'organisation spatiale des activités agricoles, les stratégies des agriculteurs et la répartition de la pression et des risques de toxicité de la pollution phytosanitaires diffuse sur la santé de l'applicateur et l'environnement.

CHAPITRE IV

CAS D'APPLICATION ET PROTOCOLE D'ACQUISITION DES DONNEES DE BASE

La région du Gharb en général et le bassin versant de la Merja Zerga en particulier constitue un territoire agricole de premier ordre au Maroc dont les pratiques agricoles et phytosanitaires sont très diversifiées, mais très touchées par la pollution phytosanitaire diffuse. Cependant, la diversité des pratiques phytosanitaires à l'origine de cette pollution diffuse par les pesticides est peu connue et les déterminants de ces dernières sont rarement évalués.

Pour la mise en place d'une méthodologie pour l'évaluation des déterminants et des risques de toxicité des pratiques phytosanitaires au niveau du bassin versant de la Merja Zerga, nous avons souhaité tester notre hypothèse de recherche : « **le territoire, à travers sa triple composante spatiale (structuré, géré et perçu) et l'interaction entre les différents niveaux d'organisation qui le composent, est une lecture et un déterminant des pratiques phytosanitaires** ». Ce chapitre détaille la première étape de la méthodologie où est présenté le terrain cas d'application et le protocole d'acquisition des données à même de prendre en compte la diversité et la complexité de la thématique et du terrain d'application.

Dans la première partie de ce chapitre, nous justifions le choix du bassin versant de la Merja Zerga, basé à la fois sur des critères sociaux (enjeu sanitaire, socio-économique, environnental et patrimonial) et scientifiques. Ces critères ont été aussi pris en compte dans la mise en place du protocole d'acquisition des données de base détaillées dans la seconde partie du chapitre. Ce protocole a été modulé suivant les objectifs du Travail, les spécificités du terrain d'étude et la disponibilité des données réacquises lors des recherches bibliographiques et des enquêtes de terrain auprès des acteurs concernés (ORMVA, agriculteurs, DREF, phytiatres, revendeurs de pesticides).

1. Justification du choix du territoire objet de l'étude

Le choix du territoire de la Merja Zerga comme terrain d'application de notre Travail de thèse est tributaire de critères liés aux enjeux socioéconomiques et scientifiques nécessaire pour une évaluation des pratiques phytosanitaires et leurs impacts sur la santé humaine et l'environnement.

1.1 Le bassin versant de la Merja Zerga : enjeux socio-économiques et environnementaux

1.1.1 La Merja Zerga : un patrimoine mondial Ramsar de grand intérêt socio-économique

La lagune de Moulay Boucelham dite aussi la « Merja Zerga » est située au Nord-Ouest du Royaume du Maroc, sur l'océan Atlantique entre 34°51' de latitude nord et 6° 16' de longitude ouest. Il s'agit d'une cuvette tectonique, ceinturée de collines peu élevées, isolée de l'océan Atlantique par un cordon dunaire de sables blancs et gris surmontant une assise de grès soltaniens. Elle a une forme elliptique de 9 km de long, de 5 km de large, de profondeur moyenne (1,5 m dans les chenaux et 0,5 m dans la lagune). Elle s'étend sur une superficie d'environ 45 km² dont 30 % d'eau libre en moyenne suivant le marnage. Elle communique avec l'océan Atlantique par l'intermédiaire d'une passe étroite et sinueuse, permanente depuis

1953 bien qu'elle ait été obstruée quelques temps à la suite de tempêtes. La Merja Zerga[22] est la plus importante aire protégée du littoral atlantique marocain classée "Réserve biologique permanente" par arrêté ministériel n° 223-78 du 26 rebia I 1398 le 6 mars 1978 et site Ramsar le 20 juin 1980. C'est une zone humide à biodiversité élevée, constituée d'un remarquable peuplements floristique et faunistique de valeur internationale (Azdad M. 1998). Les potentialités floristiques sont essentiellement des phragmites (*Scirpus lacustris, Irus pseudacorus),* de la végétation halophile (*Salicornia arabica, Salicornia perennis, Juncus acutus, Juncus subulatus, Scirpus maritimus, Cladium mariscus)* et de la végétation submergée **(***Zostera noltii, Ruppia cirrhosa, Ulva sp, Enteromopha sp* (Benhoussa A. *et al.* 2006). Ces prairies fournissent des ressources fourragères. En outre, les habitants y coupent traditionnellement les joncs (*Juncus acutus, Juncus subulatus*) afin de confectionner des nattes, réaliser des toitures et même alimenter le feu.

Concernant la faune, la lagune de Boucelham abrite une faune diversifiée de grand intérêt local, national et international. D'après l'Agences pour la Promotion et le Développement du Nord (2011), la lagune de Boucelham détient le premier rang marocain pour le transit et l'hivernage pour de nombreuses espèces d'oiseaux. Elle héberge en hiver, en moyenne 15 à 30.000 anatidés (11 espèces, canard siffleur majoritaire), autant de foulques, entre 50 et 100.000 limicoles (19 espèces régulières où dominent bécasseau variable et barge à queue noire surtout, mais aussi le pluvier argenté, grand gravelot, avocette,... et le rarissime courlis à bec grêle) et 1000 à 2000 flamants roses. Sa communication, avec l'océan atlantique, par l'intermédiaire d'une passe étroite et sinueuse, lui permet d'avoir une partie des poissons d'origine marine au niveau du goulet (sparidés, soléidés, mullus et torpedo ocellata sont les plus communs), ainsi que des poissons amphihalins dans les chenaux : Mugilidés, dicentrarchus labrax, d. punctata mais surtout anguilla anguilla qui est exploitée.

La Merja Zerga héberge aussi un nombre important de reptiles et mammifères dont seize espèces amphibiens et reptiles à l'intérieur du périmètre de la réserve parmi lesquels quatre endémiques marocains : *Pelobates varaldii*, *Acanthodactylus lineomaculatus*, *Calcides mionecton*, *Ch.pseudostriatus, Cistude d'Europe (en voie de disparition sur le littoral Marocain).*

La lagune constitue un site d'intérêt socio-économique dont la pêche constitue la principale composante économique de la Merja, plus de 15% des ménages avoisinants la pratiquent, soit plus de 400 pêcheurs (MADRPM 2010). Plusieurs espèces sont exploitées d'une manière commerciale, représentées essentiellement par : 10 espèces d'anguilles, cinq espèces de muges (5 espèces), 2 espèces de loup, une espèce de Sar, une espèce de Sole, une espèce de mollusque bivalve, une espèce de palourde (MADRPM 2010).

Le classement du site par le ministère de tourisme comme "station balnéaire d'intérêt moyen ", l'a rendu une des directions les plus favorables pour des milliers d'estivants et de touristes étrangers pour y effectuer des observations ornithologiques (MADRPM 2010).

Les potentialités écologiques ont fait de la lagune un site d'échange entre nations des rives sud et nord de la Méditerranée. Elle fait l'objet d'un jumelage avec l'étang de l'Or, site Ramsar situé au sud-est de la France à une douzaine de kilomètres de Montpellier et deuxième site d'applications pour le projet TRam.

[22] http://ma.chm-cbd.net/manag_cons/esp_prot/sibe_ma/sibe_lit/sibe_l16

1.1.2 Une agriculture intensive et diversifiée en amont de la Merja Zerga

La lagune est située à cheval sur deux grands périmètres agricoles : le Gharb et le Loukkos. Située au Sud de la Merja Zerga, la plaine du Gharb, à cheval entre la province de Kénitra et celle de Sidi Kacem, s'étend sur une superficie de 4200 km^2 et se présente comme une immense plaine alluviale de basse altitude, formée surtout, de dépôts du quaternaire. Cette plaine a la forme d'un triangle ayant pour sommets les villes de Kénitra, Sidi Kacem et Souk El Arbaa. Elle est séparée de l'océan par un cordon de dunes, hautes en moyenne de 60 m, qui n'est interrompu que par les deux embouchures : Mehdia sur le Sebou au Sud et la Merja Zerga au Nord.

Sur le plan administratif, la plaine du Gharb couvre essentiellement le territoire de la Région du Gharb-Chrarda-Béni Hssen. Ce territoire est délimité par les collines pré-Rifaines et les plateaux méridionaux, qui s'ouvrent sur un large éventail encadrant la partie basse de la plaine alluviale du Gharb vers laquelle convergent les trois systèmes hydrographiques du Sebou, du Beht et de l'Ouergha.

La superficie irrigable, arrêtée en 1968, est de 250.000 ha. Actuellement la superficie équipée est de 114.000 ha en grande hydraulique (ORMVAG 2010). Elle est un des plus importants bassins de production maraîchère du Maroc. Son secteur agricole occupe 53,3% de la population active (6,3% en milieu urbain et 81,7% dans les campagnes) et participe dans la production nationale, à hauteur de 17% pour le lait, 28% pour les agrumes, 80% pour le tournesol, 8,5% en céréales et 100% pour le riz (Figure 8). L'ensemble des productions des filières agricoles de la région du Gharb génèrent des ressources annuelles de plus de 7 milliards de dirham (environ 875 millions USD) et totalisent quelques 40 millions de journées de Travail (BAD 2009).

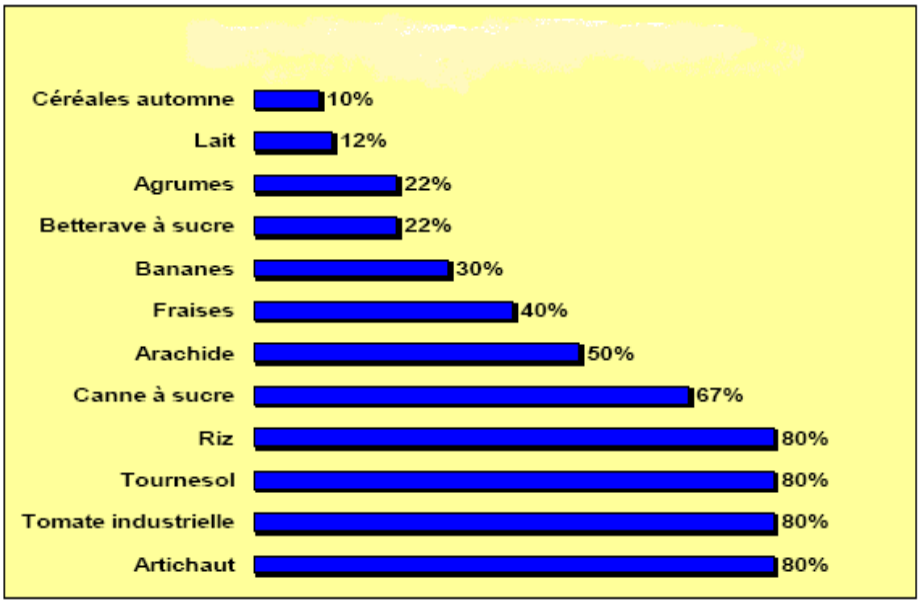


Figure 8. Illustration des contributions de la région du Gharb à la production agricole nationale (Source : BAD 2009)

De son côté le Loukkos, situé au nord de la lagune entre les régions du tangérois et du Gharb couvre une superficie de 2560 km² et se présente sous la forme d'un trapèze s'étendant sur 50 km environ du Nord au Sud. Il est limité à l'Ouest par la côte atlantique et à l'Est par une ligne qui suit du Nord au Sud les pieds des crêtes du massif de Jeballa, la vallée de Tahraout et le pied de Jbel Sasser (Okacha 2005).

Le Loukkous couvre une superficie de 256.000 ha dont147 300 ha représente la Surface Agricole Utile (SAU), soit 58 % du total.

Bien que cette superficie agricole utile (SAU) ne constitue que 1,5 % de la S.A.U nationale et 2 % pour le nombre d'agriculteurs, la part de la production du périmètre dans la production nationale est très importante pour certaines filières. Ainsi, la production de fraises constitue 80 % de la production nationale, 20 % pour le riz et l'arachide, 15 % pour les cultures sucrières et 7 % pour le maraîchage et les oléagineux. La valeur moyenne de la production annuelle dépasse les 2,5 milliards de DH avec la création de 11 millions de journées de Travail par an (Fegrouch 2008).

Pour une meilleure exploitation de ces deux périmètres et dans la politique productiviste du Maroc, les plans agricoles régionaux (PAR-RMV) pour le développement de l'agriculture dans le Gharb et le Loukkos visent une meilleure valorisation du potentiel agricole. Par exemple le PAR-RMV prévoit un investissement de 18,5 Milliards DH entre 2009 et 2020. 75% de ce budget est consacré au développement des systèmes de production végétale. 73 projets ont été conçus et visent la production et la valorisation des agrumes, l'intensification des cultures fruitières et maraichères et enfin l'intensification et l'extension des cultures sucrières (Agences pour la Promotion et le Développement du Nord 2011). En revanche ce plan ne prévoit pas en parallèle une stratégie de réduction des produits phytosanitaires malgré les conséquences de ces pratiques sur la santé humaine et l'environnement dont la Merja Zerga du fait que ces cultures sont très consommatrices de phytosanitaires.

1.1.3 Lutte contre le paludisme et aménagement agro-hydrolique modifiant le fonctionnement du milieu naturel

Historiquement, la plaine du Gharb a présenté à l'état naturel deux paysages contrastés. Semi marécageuse en saison froide avec la présence de vastes merjas (Figure 9) (marais temporaires) et steppe brûlée lors de la saison torride. Ces merjas sont le résultat d'absence par endroit d'exutoire naturel pour l'évacuation des eaux. Certaines Merja ont des altitudes inférieures au lit d'oued Sebou ou Beht qui les traversent. Étant donné le faible dénivelé, le Sebou fait beaucoup de méandres avec de rejetés dans l'océan atlantiques à côté de la ville de Kénitra.

Les merjas étaient sources de maladies dont le paludisme, à l'origine d'inondations importantes et fréquentes.

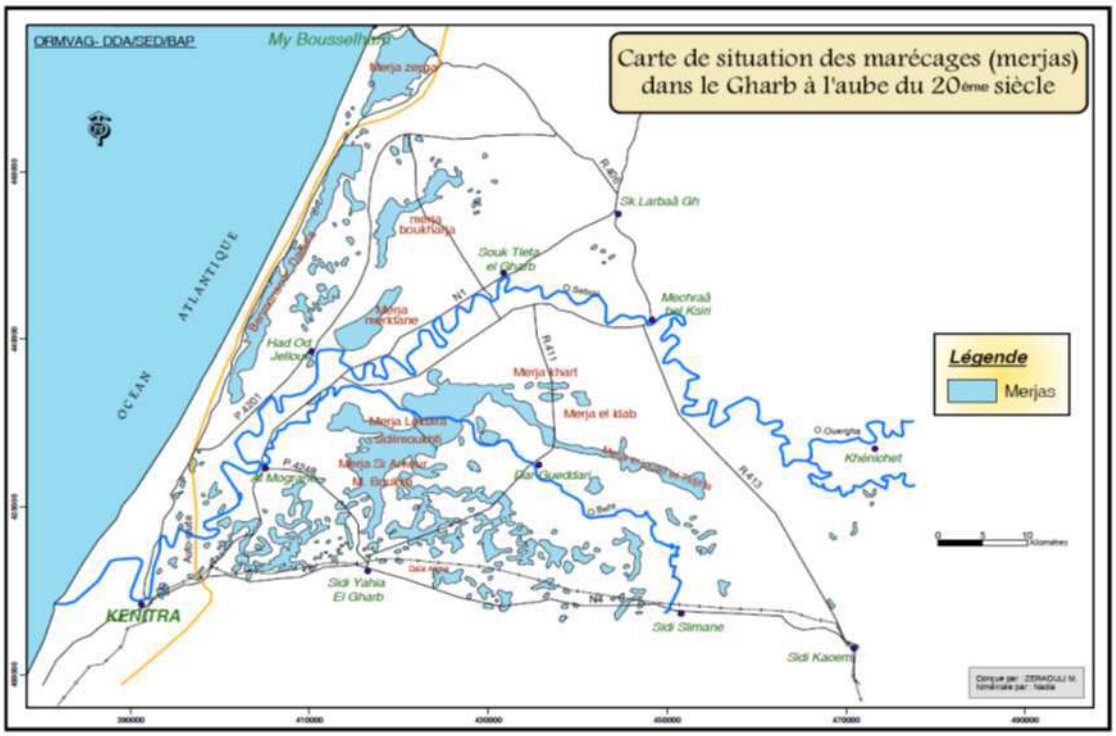


Figure 9. Situation des merjas dans le Gharb à l'aube du XXe siècle (Source : Chiche -ABHS, 2007 *in* ORMVAG 2010)

a. Lutte contre le paludisme par le traitement phytosanitaire et l'assèchement des merjas

Durant la période 1912 à 1956, le Gharb était le principal foyer de paludisme au Maroc. Le paludisme par ses conséquences démographiques et économiques constituait un fléau social redoutable. Il était à l'origine d'une forte mortalité infantile (Micouleau-Sicault 2000).

D'après le même auteur, l'éradication du paludisme était la mission des Services Régionaux d'Hygiène et d'Épidémiologie (SRHE) créés dans les années 1930. La politique générale des SRHE était de réduire les manifestations de paludisme aussi complètement que possible. Parmi les stratégies du SRHE au Gahrb, nous mentionnons la lutte antianophéilienne (traitement larvicide par avion, diffusion de médicaments) et l'assèchement des merjas et les secteurs les plus favorables aux anophèles (Micouleau-Sicault 2000). Ces travaux ont porté leurs fruits au milieu des années 60, date à laquelle le paludisme ne fut plus un fléau social du Gharb ni du Maroc. En revanche les traitements phytosanitaires ont induits des graves conséquences sur les écosystèmes non cibles dont ceux de la Merja Zerga.

Le paludisme n'était pas la seule raison des assèchements et des drainages de la plaine du Gharb, son potentiel agricole la rendait très convoitée.

b. Aménagements de la plaine de Gharb pour faire face aux inondations

La localisation géographique et les caractéristiques écologiques font de la plaine du Gharb une zone agricole à grand potentiel reconnu depuis le temps de la colonisation française au Maroc. Paradoxalement ces caractéristiques la rendent inondable. Pour pallier aux problèmes des inondations et rendre la plaine exploitable des travaux d'assainissement ont eu lieu en plusieurs phases sur la période de 1927 à 2004 (El Gueddari 1998; ORMVAG 2008).

De 1927 à 1933, il y a eu la construction du barrage de Kansera sur le Beht**,** creusement de canaux pour l'acheminement des eaux du Beht et du R'dom, d'un canal de dérivation pour lutter contre les inondations, de canaux pour déverser les eaux des merjas secondaires dans les

merjas principales ou dans le Sebou, canal du Foukroun sur 24 km. Les résultats de des travaux de creusage de canaux restaient très faibles.
Par ailleurs, la fréquence des inondations (1927, 1934, 1936) va inciter les colons, à travers deux A.S.A.P., (Associations Syndicales Agricoles Privilégiées créées en 1933) à militer en faveur de la mise en place d'un système d'évacuation de la Daoura qui consiste dans le creusement du canal du Nador (long de 12 km, avec une section de 10 de 15 m et une profondeur de 3,60 m) séparant la Merja Daoura et Merja Zerga (El Gueddari 1998).

De 1940 à l'indépendance en 1956, il y a eu la mise en place du réseau de drainage superficiel (Le GO2 1964) par prolongement du Canal de Nador sur 8,7 km (5,3 km à l'amont vers la Daoura et 3,4 kms à l'aval vers la merja Zerga) et creusement du canal du Segmat » sur 6,4 km; le système auquel s'intégrait le Segmat, canaux de M'da et de Maderh et du collecteur Boukharja-Merktane sur 17 km.

Au cours de la période 1956-1960 : les rythmes d'équipement des périmètres pour résorber le grand décalage entre superficies dominées et celles effectivement irriguées. De ce fait, la superficie équipée est passée à 106.000 ha environ et la superficie irriguée de 40.800 ha à 79.550 ha.

La réalisation du projet SEBOU de 1972-2004: dans le cadre du projet Sebou, la mise en place de la première tranche d'irrigation de la rive gauche du Sebou a eu lieu entre 1972 et 1978. Une deuxième tranche a été mise en œuvre pour irriguer la rive droite du Sebou. Une troisième tranche d'irrigation (TTI) a débuté en 1996. Ce qui a fait du Gharb le plus important périmètre aménagé en grande hydraulique au Maroc, avec une superficie équipée de 114 000 ha.

1.1.4 Un exutoire très touché par la pollution phytosanitaire diffuse

L'utilisation des pesticides et la modification du milieu naturel sont à l'origine d'une pollution par les molécules phytosanitaires diffuses, qui détériorent la qualité de la ressource en eau et des écosystèmes des zones humides en aval en particulier de la Merja Zerga. Des études ont montré la présence en teneurs élevées de pesticides dans la Merja Zerga qui seraient présents également dans les zones humides du Bas Loukkos, compte tenu de leur utilisation massive autour de celles-ci (Fathi 1995). D'autres ont même recensés 16 types de molécules d'insecticides organochlorés dans les eaux et les sédiments de la lagune de Moulay Boucelhem (Mehdaoui *et al.* 2000). D'autres études réalisées au niveaux des ressources en eaux et sols) du périmètre du Gharb faites par l'ORMVAG (2007), ont prouvé l'aggravation de la situation suite à une contamination ponctuelle par les résidus de pesticides dans la nappe de la zone côtière due probablement aux déversements directs lors des préparations des bouillies à des pollutions diffuses des eaux des canaux d'assainissement et de drainage par les résidus de pesticides entrainant la contamination de la Merja Zerga.

1.2 Critères scientifiques de choix du bassin versant de la Merja Zerga : projet TRam

Au niveau du territoire de la Merja Zerga de nombreuses recherches scientifiques ont été menées dont des études toxicologiques sur l'avifaune de la lagune (Mehdaoui *et al.* 2000) d'autres sur la pollution phytosanitaire diffuse des eaux des bassins du Loukkos, du Sebou ou de la plaine du Gharb (El Morhit 2009), des travaux de cartographies de la vulnérabilité et du risque de pollution des eaux souterraines au niveau de la plaine du Gharb (Amharref *et al.* 2007). En revanche ces études ne constituent qu'un état des lieux partiel des conséquences des actions anthropiques sur les zones humides et ne proposent pas de méthode de gestion concertée prenant en considération la continuité spatiale de la pollution phytosanitaire. Ces

approches permettent de faire des états de lieu partiel alors que la pollution phytosanitaire est un problème plus complexe où interagissent nature et société. Pour remédier à ces lacunes et pouvoir vérifier notre hypothèse « le territoire est composé d'un emboitement d'unités spatiales de la parcelle culturale au bassin versant », un premier travail de cartographie nous a permis de délimiter le bassin versant hydrographique à exutoire la Merja Zerga. Ce bassin versant a été choisi en fonction de la continuité spatiale nécessaire à une analyse territoriale. Ce territoire se caractérise par une importante activité agricole. Il a fait l'objet d'enquêtes de terrain bien détaillées couvrant l'échelle de la parcelle culturale pour la caractérisation des pratiques phytosanitaires et à l'échelle de l'exploitation agricole pour déterminer sa structure et son fonctionnement global.

2. Protocole d'acquisition de données

De nombreuses données nécessaires à l'analyse des activités agricoles ont été fournies par différents acteurs concernés par la gestion et la durabilité du territoire de la Merja Zerga dont les ORMVA du Gharb et du Loukkos, la DREF de Kenitra, la NASA, l'INRA de Rabat. Les données ont été mises en parallèle avec les travaux cartographiques que nous avons effectués. Elles ont fourni des points de repères quant aux caractéristiques du milieu naturel et à l'occupation des sols. Cependant, elles ne sont pas suffisantes d'où le travail de terrain, réalisé au moyen de questionnaires directs auprès des agriculteurs. Ces derniers ont permis d'obtenir le détail des informations nécessaires à l'analyse des pratiques phytosanitaires, des structures et des fonctionnements des exploitations. Enfin l'analyse des déclarations issues des entretiens individuels, ont apporté de nombreux compléments d'informations et ont permis d'aborder le travail des agriculteurs du point de vue du perçu et du vécu.

2.1 Données disponibles

Plusieurs sources de données ont été exploitées pour obtenir des informations relatives aux pratiques phytosanitaires et à leurs déterminants à plusieurs niveaux d'organisation (Tableau 1). Il y a cependant des lacunes, concernant le milieu naturel et l'occupation des sols et les usages des produits phytosanitaires.

Tableau 1. Données requises pour la caractérisation du territoire de la Merja Zerga aux différentes échelles retenues pour l'analyse

Échelle d'analyse	**Données et source d'information**
Parcelle	Parcellaire hydro-agricole (Confidentiel et nous n'avons pas pu y accéder).
Exploitation	Données du Recensement des assolements et des morphologies des exploitations de l'ORMVA du Gharb et du Loukkos, 2009
Bassin versant	Pas de données
Territoire Régional	- Modèle Numérique Terrain (MNT) (ASTER GDEM, 2009) - Carte des centres de développement agricole CDA et de la zone d'action d'ORMVAG (ORMVAG, 2011) - Cartes des secteurs agricoles du Gharb et du Loukkos (ORMVAG

	et ORMVAL, 2010), - Cartes topographiques des zones de Kénitra, Sidi Allal Tazi, Souck Larbâa, Moulay Boucelhem, Région du Loukkos, Machra Bel Ksiri, Lalla Mimouna (Direction de la Conservation Foncière et des Travaux Topographiques division de la Cartographie de Rabat, 1996), - Carte des communes de la région du Gharb_Chrarda_Bni_Hssen (ORMVAG, 2009), - Carte de l'occupation forestière de la DREF de Kenitra (DREF de Kénitra, 2011), - Carte des nappes (DREF de Kénitra, 2011), - Carte pédologique (INRA de Rabat, 2012). - Données du recensement des assolements et des morphologies des ORMVA du Gharb et du Loukkos, 2009. - Recensement de la population, 1994, 2004, 2009 - Données météorologique ORMVAG, 2011 ; ABHS, 2008 - Modélisation nappe de Mnasra ABHS 2010 - Reconnaissances géophysiques

Source : Travail d'Ayadi H., 2012

2.2 Absence de spatialisation des données relatives aux parcelles et aux exploitations

Les différentes données cartographiques disponibles, ne couvrent qu'une partie et rarement la totalité du territoire régional. Elles présentent toujours des lacunes. Seules quelques surfaces de vergers et cultures arboricoles situées à proximité d'oued Sebou sont géo-référencés au sud du bassin versant, d'autres cultures pourtant importantes à la fois en terme de surface et de production, comme la banane, les cultures maraîchères et des grandes cultures, ne sont pas mentionnées. En plus, elles présentent des discordances d'échelles et de systèmes de projection. Le niveau de la parcelle n'est pas abordé, du fait que nous n'avons pas pu accéder aux données cartographiques à l'échelle de parcelle ou ilots de parcelle.

Malgré la diversité des productions végétales de la région du Gharb et du Loukkos, les seules données qui existent concernent la monographie par commune ou des Centres de Développements Agricoles (CDA). Des statistiques des assolements et des structures des exploitations à l'échelle de la commune rurale, du centre de développement et de la région nous ont été fournies par les ORMVA du Gharb et du Loukkos (Tableau 2). En revanche les données concernant les pratiques agricoles à l'échelle des exploitations ainsi que de la parcelle culturale sont inexistantes. Ni au niveau de la région du Gharb-Chrarda-Bni-Hssen ni au niveau du bassin versant, n'existent des données d'archives concernant les itinéraires technico-économiques et phytosanitaires.

Au regard des lacunes dans les documents cartographiques, des discordances d'échelle et de systèmes de projections, de l'inexistence de données témoignant de la sensibilité des exploitants vis-à-vis du problème des impacts des produits phytosanitaires sur la santé humaine et les écosystèmes naturelles et la lagune. Le Travail d'enquêtes est rapidement apparu comme la source principale d'informations.

2.3 Choix de l'échantillon d'exploitations à enquêter à dire d'acteurs et localisation géographique

Notre analyse de la pollution phytosanitaire diffuse a nécessité des données détaillées sur les pratiques phytosanitaires des différents systèmes de cultures et de productions.

Pour pallier au manque de données des enquêtes de terrain auprès des agriculteurs et des revendeurs de produits phytosanitaires ont été effectuées pour les campagnes agricoles de 2010/2011 et 2011/ 2012. Au regard de la taille très grande du bassin versant retenu pour l'étude (soit 1274 Km^2 chapitre VI), un échantillonnage à dire d'acteurs a été établi. L'échantillon est composé de 65 exploitations répartis sur tout le bassin versant de la Merja Zerga. Les exploitations de cet échantillon ont été choisies en se basant sur des critères du milieu naturel, structurelles et de fonctionnement. Les enquêtes ont eu lieu au sein des portions des CDA appartenant à l'unité spatiale : le bassin versant de la Merja Zerga : CDA de Mnasra, CDA de l'Hraid, CDA de Souck Tlet, CDA de Sidi Mohamed Lahmar et le CDA de Souck Larbâa au niveau de la zone d'action de l'ORMVAdu Gharb et le CDA de Lalla Mimouna au niveau de la zone d'action de l'ORMVA du Loukkos.

Le nombre d'exploitations enquêtées par classe de SAU a été fait en respectant la tendance générale des structures des exploitations au niveau de la région du Gharb-Chrarda-Bni-Hssen (Tableau 2). Au niveau de cette région les exploitations de moins de 5 ha sont majoritaires en nombre (soit 70 %), mais elles occupent la même SAU (23 %) que les exploitations d'une SAU > 100 ha représentant seulement 1,5 % des exploitations.

Tableau 2. Structure des exploitations au niveau de la Région du Gharb-Chrarda-Bni-Hssen

Taille de l'exploitation	% superficie	% exploitations
> 5 ha	23	70
de 5 à 10 ha	18	18
de 10 à 20 ha	14	6
de 20 à 50 ha	12	3
de 50 à 100 ha	10	1,5
> 100 ha	23	1,5
Total	100	100

Source : ORMVAG 2011

Du fait de l'inexistence de données cartographiques de localisation des exploitations agricoles et leurs parcelles agricoles, nous a avons effectué des relevés de terrain par système de positionnement global (*global positioning system*—GPS) pour les localiser.

2.4 Questionnaires semi-direct pour l'acquisition des données sur les pratiques phytosanitaires et la perception de la santé humaine et de l'environnement

Notre analyse de l'agriculture du bassin de la Merja Zerga est guidée par deux objectifs. Le premier questionnaire consiste à décrire le plus précisément possible la diversité des pratiques agricoles effectives, en nous focalisant sur les pratiques phytosanitaires. Cette description a été réalisée en vue de disposer de toutes les informations nécessaires à la modélisation participative. Le deuxième objectif vise à comprendre les raisons des choix des pratiques faites par les agriculteurs et de leur perception de l'environnement. Cette compréhension est

nécessaire pour identifier les marges de manœuvre dont ils disposent pour, le cas échéant, la mise en place de stratégie de gestion concertée permettant une meilleure prise en compte des conditions de préservation de leurs santé et des ressources naturelles de la Merja Zerga.

2.4.1 Données sur les pratiques phytosanitaires

Les questionnaires utilisés lors des enquêtes portent sur deux thématiques (en résumé voir encadré ci-dessous et détaillés dans l'annexe 1). Un premier questionnaire porte sur le fonctionnement global de l'exploitation (le système de cultures, les assolements, le statut foncier de l'exploitation… (**Voir synthèse thématique des questionnaires semi-directs du** Tableau 3). Un deuxième questionnaire détaille le plus possible l'itinéraire technique à l'échelle de la parcelle culturale. Il porte sur les pratiques culturales et surtout phytosanitaires de l'agriculteur pour chaque parcelle culturale de son exploitation telle que la dose appliquée, la fréquence de traitements, la date d'application tout au long d'un cycle cultural du labour à la récolte, compte tenu que la majorité des agriculteurs n'enregistre pas leurs pratiques phytosanitaires (Tableau 3).

Tableau 3. Synthèse thématique des questionnaires semi-directs

Synthèse thématique des questionnaires semi-directs

1. LES PRATIQUES

Présentation générale

□□Date, nom, âge de l'exploitant, coordonnées, localisation

□□Surface de l'exploitation

□□Assolement

Particularités physiques des parcelles et aménagements correspondants

□□Données sur le milieu physique

□□Aménagements

Description du système de culture sur chaque parcelle

□□Itinéraire technique

- Itinéraire technique détaillé

  - Préparation du terrain

    . Fertilisation : *produits utilisés, dose par application, outils utilisés*

    . Amendements : *produits utilisés, date et période d'application, dose par application, outils utilisés*

  - Préparation du sol : *types de travaux effectués, période et durée du chantier, matériel utilisé*

  - Désherbage : *produits utilisés, date et période d'application, dose par application, outils utilisés*

  - Plantation ou semis : *date, densité, dispositif, variété ou matériel végétal*

  - Maladies, problèmes divers et traitements phytosanitaires : *problèmes divers, maladies rencontrées, produits utilisés, date et période d'application, dose par application, outils utilisés*

- Récolte : *critère de récolte, date, matériel, durée du chantier*
- Transport : *destination du produit, matériel utilisé, durée du chantier, rendement*
- Opérations post-récolte : *opérations, épandages*
- Gestion des déchets

2. FONCTIONNEMENT GLOBAL DE L'EXPLOITATION

« Statuts » de l'exploitation

□□Forme juridique de l'exploitation

□□Statut du foncier (% de chaque) : *melk, domanial, collectif par mode de faire valoir direct ou indirect (association ou location)*

L'exploitant

□□Chef d'exploitation

□□Age

□□Formation agricole et niveau scolaire

□□Autres activités

Main d'œuvre : tâches et durée du travail

Histoire de l'exploitation : *SAU, productions, main d'œuvre, matériel et bâtiments, projets, objectifs, contraintes globales, possibilités d'évolution et milieu environnant…*

Source : Travail Ayadi H., 2011

Les bases de données issues de ce travail ont fait l'objet de traitement, d'analyse et d'organisation afin de renseigner la comptabilité des exploitations au niveau d'une plate-forme technico-économique. Elles ont servi pour la caractérisation de l'exploitation au niveau structure (taille de l'exploitation, type de cultures, itinéraire technique, prix de vente des produits, charges opérationnelles et de structure…) et au niveau des processus de fonctionnement à l'échelle de la parcelle. Nous avons établi pour chaque type de cultures une fiche technico-économique.

2.4.2 Entretiens ouverts pour une analyse de la perception des risques liées aux phytosanitaires sur la santé humaine de l'applicateur et de l'environnemental

Les agriculteurs sont de plus en plus sollicités pour adopter des innovations environnementales afin d'atténuer les répercussions négatives des activités agricoles (Paillotin 2008). Pour l'évaluation des comportements des agriculteurs face aux organismes nuisibles aux cultures agricoles, leur stratégie de gestion des pratiques phytosanitaires, leur perception des risques des phytosanitaires sur la santé humaine et l'environnement, nous avons procédé à un entretien ouvert dont le contenu est résumé ci-dessous (Tableau 4).

Tableau 4. Synthèse thématique des questionnaires ouverts lors des Entretiens ouverts

- **Approvisionnement en produits phytosanitaires**
- Comment approvisionnez-vous en produits phytosanitaires ?
- Comment assurez-vous de la qualité des produits phytosanitaires exposés dans les souks ?
- Comment choisissez-vous vos produits phytosanitaires ?
- D'après votre expérience ?
- Selon les recommandations des experts (techniciens, ingénieurs…) ?
- Selon les recommandations de vos voisins ?
- Selon les recommandations des vendeurs ?
- Est-ce que les prix des produits phytosanitaires varient durant l'année ?
- Si Oui en quelle période et Pourquoi ?
- **Précautions lors de traitement et de manipulation**
- Est-ce que vous disposez d'un local aménagé pour le stockage des produits phytosanitaires ?
- Est-ce que vous respectez les doses d'utilisation recommandées ?
- Est-ce que vous traitez vous-même ou bien vous faites appel à une personne qualifiée ?
- Moi-même, Personne qualifiée
- Est-ce que vous contrôlez vôtre pulvérisateur chaque fois avant de traiter ?
- Quelles sont les précautions que vous prenez avant de commencer le traitement ?
- Vêtements étanches aux produits chimiques gazeux ou liquides.
- Masque
- Gants
- Autres (lors des mélanges pour ne pas polluer les points d'eau)
- Quels sont les principaux problèmes rencontrés lors de traitement ?
- Comment gérez-vous les emballages des produits phytosanitaires utilisés ?
- Installer un phytobac,
- jeter dans la nature,
- jeter avec les autres déchets ménagers,

- réutiliser,
- brûler,
- autres.

Source : Travail Ayadi H., 2011

Conclusion du chapitre IV

Le choix du terrain d'application et le protocole d'acquisition des données constituent l'étape de base pour la vérification de notre hypothèse. La multiplicité des fonctionnalités socio-économiques et environnementales du territoire de la Merja Zerga, les lacunes dans certaines données, la diversité culturale et celle des molécules phytosanitaires épandues sont le reflet de la complexité de l'agriculture du territoire de la Merja Zerga, de sa diversité (structures d'exploitations, diversité culturale) et justifie le choix du terrain et la démarche pour la collecte des données. Les pratiques phytosanitaires constituent l'une des modalités d'intervention des exploitations sur la gestion de l'environnement et constituent ainsi l'un des passages obligés pour comprendre la relation entre organisation spatiale des activités agricoles et les impacts de la pollution phytosanitaire diffuse sur la santé humaine et l'environnement. Les procédures de collecte des données par enquêtes et l'observation de terrain s'inspirent des méthodes de l'agronomie et de la géographie. Le choix des enquêtes de terrain comme moyens de collecte des informations reflète notre volonté permanente de rester proche des données de terrain et ainsi de nous aider à comprendre la construction du territoire.

CHAPITRE V.

FORMALISATION ET MODELISATION DES DETERMINANTS DE LA POLLUTION PHYTOSANITAIRE DIFFUSE

Les outils de modélisation sont nombreux (cartographie assistée par ordinateur, SIG, bases de données, modèles technico-économique...) et ont connu un essor important ces dernières années. Ils sont cependant limités dès lors que l'on veut analyser plus que la structure d'un territoire, mais l'organisation et l'évolution de celui-ci. En considérant le territoire avec ses trois composantes spatiales (espace structuré, géré et perçu) et l'emboitement de ses échelles la parcelle culturale, l'exploitation agricole et le bassin versant comme un système, nous avons conçu une démarche d'analyse basée sur l'utilisation de trois outils d'une façon interactive : SIG, indicateurs agri-environnementaux et modèle technico-économique. Leur utilisation conjointe selon une démarche participative doit nous permettre de connaître l'organisation spatiale des activités agricoles du territoire de la Merja Zerga et d'évaluer le lien entre les modalités de cette organisation et la variabilité spatiale des impacts des phytosanitaires et de leur iniquité de distribution. Plus précisément, i) les indicateurs permettent une évaluation des pratiques phytosanitaires, ii) les SIG offrent la possibilité de réaliser de nombreuses analyses spatiales et iii) les modèles technico-économiques formalisent le fonctionnement du système de production et du système global régional.

1. Construction de l'indicateurs agri-environnementaux et formalisation des pratiques phytosanitaires

La recherche de formalisation des pratiques phytosanitaires résulte d'une double nécessité : celle de rapprocher le travail de l'agriculteur des impacts potentiels sur la santé et l'environnement ; et celle de pouvoir relier des pressions anthropiques telles que celles associées à la contamination de l'environnement par les pesticides à des impacts chimiques ou écologiques. Cette démarche peut s'envisager *a priori* (évaluation des risques) ou *a posteriori* (diagnostics environnementaux...) ; sa mise en œuvre soulève de nombreux problèmes méthodologiques liés à la diversité de l'information (quantitative, qualitative et spatiale) et la formalisation des données sous forme d'indicateurs.

Après une étude bibliographique comparative sur les différents systèmes d'indicateurs existant au niveau international, nous avons choisi de nous baser sur des travaux norvégiens (NAIS 2004), québécois (Samuel *et al.* 2007) du groupe de travail européen FOCUS (FOCUS 1997, 2003) et de la commission européenne sur l'homologation des phytosanitaires (Commission européenne 1994) pour concevoir deux indicateurs d'évaluation des risques des phytosanitaires sur la santé de l'applicateur (IRSA) et l'environnement (IRTE). Il s'agit d'indicateurs à notation, génériques et modulables suivant le cas d'application.

1.1 Conception et calcul d'Indicateur de Risque sur la Santé de l'Applicateur (IRSA)

1.1.1 Présentation de l'IRSA

Pour l'évaluation des effets des pratiques phytosanitaires sur la santé des utilisateurs et de leur voisinage, nous avons conçu un Indicateur de Risque sur la Santé de l'Applicateur dont l'acronyme est l'IRSA. L'IRSA est un indicateur composite, conçu en se basant sur des travaux norvégiens (Spikkerud 2002) et québécois (Samuel *et al.* 2007) qui évaluent la toxicité aigüe et chronique des produits phytosanitaires en considérant les propriétés physico-

chimiques et toxicologiques des matières actives. Il exprime aussi le risque associé à l'utilisation du produit en considérant l'exposition liée au type de formulation, au milieu et à la technique d'application.

L'IRSA se calcule en deux phases. La première consiste à évaluer un indice de risque de toxicité par matière active (IRTm.a) en tenant compte des propriétés toxicologiques et physicochimiques suivantes :

- la toxicité aigüe (nocif par contact avec la peau, par inhalation et en cas d'ingestion) représentée par les DL50 orale ou cutanée et CL50 (DL50 et CL50 : dose létale et concentration létale entrainant la mort de 50 % d'une population animale expérimentale) ainsi que les irritations oculaires et cutanées,

- la toxicité chronique (risques liés au cancer, à la reproduction, à la neurotoxicité, aux perturbations endocriniennes…),

- Facteur de persistance (FPer) tenant compte de la demi-vie des molécules et de leur bioaccumulation dans les tissus vivants (Valcke *et al.* 2005). La somme des risques chroniques est multipliée par un facteur de persistance (FPer). Ce dernier permet d'obtenir un indice de risque toxicologique tenant aussi compte de la biodisponibilité.

Cet IRTm.a (formule 1) est déterminé par addition des points alloués en fonction des différents critères retenus de la toxicité aiguë et chronique. La valeur est d'autant plus élevée que le risque est important. Pour obtenir une plus grande distribution des valeurs et mettre davantage en évidence des pesticides présentant un risque plus élevé, la somme des variables a été portée au carré (Samuel *et al.* 2007).

L'indice de risque toxicologique d'une matière active est donc défini selon la formule suivante :

$$\text{IRTm.a} = [\Sigma \text{ Risques aigues} + (\Sigma \text{ Risques chroniques} * \text{FPer})]^2 \quad (1)$$

La deuxième phase correspond à la pondération de l'indice de risque toxicologique des matières actives (IRTm.a) par différents facteurs liés à la préparation commerciale et son application. Pour chaque valeur calculée, un coefficient est attribué.

1.1.2 Pondération de l'IRTm.a par le type de formulation

Au cours de la préparation de l'application des pesticides, l'exposition est normalement modulée par la concentration de la matière active dans la préparation commerciale, par l'importance de la dilution et par le type de formulation (FPf). Le FPf donne une importance en matière d'exposition. Selon le type de formulation, les produits phytosanitaires peuvent se répartir en deux groupes : ceux à risque d'exposition moindre (produits sous forme solide non volatil) et ceux à risque d'exposition plus élevé (produit liquide ou solide volatil). Le Tableau 5 présente le facteur de pondération retenu en fonction de la formulation de la préparation commerciale (Samuel *et al.* 2007).

Tableau 5. Facteur de pondération lié au type de formulation FPf

Facteur de pondération lié au type de formulation FPf	
Pointage alloué en fonction du risque d'exposition	
Faible = 1	**Élevé = 2**
- Comprimé (TA) - Générateur à décharge lente (SR) - Granulés mouillables (WG) - Granulés (GR) - Granulés solubles (SG) - Organisme vivant (LO) - Particules (PT) - Pastille (PE) - Pâte (PA) - Pâte granulée (DF) - Solide (SO) - Suspension en microcapsules (MS) - Tissu imprégné (IF)	- Concentration émulsifiable ou émulsion (EC) - Liquide (LI) - Poudre (DU) - Poudre mouillable (WP) - Poudre soluble (SP) - Produit sous pression (PP) - Solution (SN) - Suspension (SU)

Source : Samuel et al. 2007

1.1.3 Facteur de pondération lié à la dose appliquée

La concentration de la matière active dans la préparation commerciale ainsi que la dose appliquée représentent des éléments importants de modulation du niveau de risque d'exposition. Il est donc nécessaire de tenir compte de ces variables dans le calcul du risque. Ce facteur de compensation (FCP) est déterminé à partir de la dose appliquée par l'agriculteur (DA) et de la concentration de la matière active dans le produit (Tableau 6).

Tableau 6. Facteur de pondération lié à la dose appliquée

Quantité de MA appliquée à l'hectare (DA * Concentration de la MA) en g ou ml de MA/ha	FCP : Facteur de pondération lié à la dose appliquée
< 100	0.5
≥ 100 - 1000	1
≥ 1000- 2000	1.5
≥ 2000	2

Source : Samuel et al. 2007

Dans le cas où le produit phytosanitaire contient plusieurs matières actives, l'IRT de la préparation commerciale (IRSAp.c) est égal à somme des IRT des matières actives du produit (voir formule cidessous).

$$IRSA_{p.c} = \Sigma\ IRT\ m.a * FPf * FCP$$

La pondération de l'IRSA matière active (IRSAm.ap) par le type de formulation d'une préparation commerciale et la dose appliquée permet l'évaluation du risque d'un produit commercial. Ainsi l'impact global d'une préparation commerciale (IRSAp.c) est la somme des IRSAm.ap de la préparation commerciale.

Toutefois, il est important de signaler que l'addition des IRT des matières actives d'un produit commercial suppose une addition des risques, ce qui n'est pas nécessairement le cas. Le fait de considérer tous les risques pour toutes les matières actives présentes dans le produit phytosanitaire permet cependant de ne pas sous-estimer un effet propre à une matière active en particulier. Il s'agit donc d'une approche conservatrice d'estimation des risques potentiels.

1.2 Conception et calcul de l'indicateur de Risque de Toxicité Environnementale (IRTE)

1.2.1 Présentation de l'IRTE

Dans la même logique du développement de l'IRSA, nous avons aussi développé un indicateur de Risque de Toxicité Environnementale (IRTE) (Ayadi et *al.*, 2013) conçu en se basant sur plusieurs travaux de recherche dont les travaux norvégiens (Spikkerud, 2001) et québécois (Samuel *et al.* 2007), du groupe de travail européen (FOCUS 1997, 2003) et de la commission européenne sur l'homologation des phytosanitaires (Commission européenne 1994, 2009).

L'IRTE prend en compte comme données d'entrées plusieurs variables critiques telles que les caractéristiques de la matière active (propriétés physicochimiques et écotoxicologiques), de la préparation commerciale (concentration de la matière active, dose appliquée..), du lieu d'application (plein champs, sous-serre…) et du type de culture (culture basse, arboriculture…). Il est également conditionné par l'environnement récepteur : facteur d'interception de la culture, potentiel de dérive, de ruissellement et de drainage, profondeur de pénétration du pesticide, densité apparente et profondeur de la colonne d'eau et de la colonne des sédiments (FOCUS 1997, 2003). Il attribue à ces variables une note avant de les intégrer au calcul à partir d'un ratio toxicité/exposition (Commission européenne 1994, 2009).

Le principe de l'évaluation des risques repose sur la comparaison des niveaux de toxicité avec les concentrations prévisibles dans un environnement (CPE).
Les ratios toxicité/exposition doivent respecter des marges de sécurité définies réglementairement dans la directive d'homologation des produits (directive 91/414/CEE). Ces marges sont établies par type d'organismes et tiennent compte de la durée d'exposition (court ou long terme). Sur le court terme, les valeurs de toxicité prise en compte sont les DL 50/CL50 des matières actives. Sur le long terme, les valeurs de toxicité de référence sont les Concentrations Sans Effet Observé (CSEO) c'est-à-dire n'ayant engendré aucun effet néfaste, appelé aussi NOEC : No Observed Effect ou également NOAEL (Non observed adverse effect level).

À cette fin une délimitation de classes de Ratios Toxicité/Exposition (RTE) a été réalisée en se basant sur le tableau des Ratios Toxicité/Exposition (RTE) utilisé par la commission européenne dans le cadre d'homologation des produits phytosanitaires (Tableau 7).

Tableau 7. Ratios Toxicité/Exposition de références définies réglementairement dans la directive d'homologation des produits

Espèce animale	Ratios Toxicité aigüe ou Toxicité à court terme/exposition	Toxicité chronique	Sources
Oiseaux et autres vertébrés terrestres	DL50/exposition>10	CSEO/exposition>5	CE, 1994
Poissons et Daphnies	CL50/exposition>100	CSEO/exposition>10	CE, 1994
Algues et Plantes aquatiques	CL50/exposition >10	-	CE, 1994
Vers de terres	DL50/exposition>100	CSEO/exposition>5	OEPP, 2003
Abeilles	DHm.a/DL 50<50	-	CE, 1994

Source : Directive 91/414/CEE

Avec : CSEO : Concentration Sans effet Observé d'une matière active ; DL50 et CL50 : respectivement Dose et Concentration Létales entrainant la létalité de 50 % d'une population animal expérimentale, et DH m.a : Quantité de matière active (m.a) contenue dans une dose homologuée (exprimée g/ha).

Les valeurs de toxicités (CL50, DL50, CSEO) déterminées lors des tests d'homologation et répertoriées dans la base européenne Footprint[23] ont été intégrées directement dans le logiciel de calcul de l'IRTE « EtoPhy ».

Les valeurs de l'exposition, exprimées par les concentrations prévisibles dans l'environnement (CPE), sont déterminées par les méthodes du groupe FOCUS (FOCUS 2003). Pour déterminer l'exposition à laquelle les organismes cibles sont soumis, il est nécessaire de calculer les concentrations initiales au jour j (après l'application) et les concentrations à court termes après 24 heures, 2 et 4 jours et à long terme après 7, 14, 21, 28, et 42 jours et 100 jours.

Pour l'environnement « sol », la valeur du CPEsol est calculée selon la méthode du groupe de Travail européen FOCUS développée en 1997 (FOCUS 1997):

$$CPEsolj = CIPEsol \times (1 - e\text{-}nkt) / kt \quad (1)$$

Avec CPEsol: concentration prévisible dans l'environnement sol; CIPEsol: concentration initiale prévisible dans l'environnement sol ; j: le nombre de jour après l'application ; n: nombre d'application ; K: coefficient de dégradation de la matière active donné par:

[23] http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/fr/index.htm

Ln2/DT50 = 0,693 / DT50 ; t: temps entre passages de traitements en 365 jours et n: nombre d'applications

L'exposition induite par l'environnement « eau » correspond à la concentration de la matière active prévisible dans une ressource d'eau (lac, rivière, …): CPEeau. Le calcul des concentrations maximales prévisibles dans l'environnement aquatique (CPE) est fait par adaptation de la méthode « Step 1-2 » du groupe de Travail européen FOCUS développée en 2003 (FOCUS 2003).

$$QMP_esu\ (j) = \{\ QMP_esu_24(j)\} / i \quad (1)$$

$$QMP_SED\ (j) = \{\ QMP_SED_24(j)\} / i \quad (2)$$

Avec: QMP_esu*(j):* Quantité Moyenne de Phytosanitaires pondérée dans l'eau de surface au cours des jours j (ug / L) et QMP_SED*(j):* Quantité Moyenne de Phytosanitaires pondérée dans les sédiments au cours des jours j(ug/ L) ; QMP_esu_24(*j*): concentration de phytosanitaires moyenne en eau de surface le jour j (mg / L) ; j: nombre de jours de simulation ; i: nombre de jours après le maximum absolu ; jmax: journée pour laquelle le maximum absolu de la concentration dans l'eau de surface (ou les sédiments) a été calculé ;

QMP_SED_24 (*j*) : concentration Moyenne de Phytosanitaires dans les sédiments le jour j (ug / kg) ;

1.2.2 Procédure de calcul de l'indicateur de risque de toxicité pour l'environnement d'une matière active (IRTEm.a)

L'IRTE calcule six variables de sortie représentant les risques potentiels d'une matière active sur les organismes vivants et son comportement dans l'environnement. Les risques potentiels sont calculés pour trois types d'organismes vivants : les invertébrés terrestres (vers de terre et abeille domestique), les oiseaux herbivores (Colin de Virginie) et granivores (canard Colvert) et les organismes aquatiques (poissons, daphnies, algues et plantes aquatiques). Le comportement dans l'environnement est déterminé par la persistance dans le sol, la mobilité et la bioaccumulation des molécules phytosanitaires. Ces variables peuvent être considérées comme des IRTE par organisme ou compartiment.

L'IRTE global peut se décliner en deux sous volets : un IRTE aigu ($IRTE_{aigu\ m.a}$) et un IRTE chronique ($IRTE_{chronique\ m.a}$) par matière active. La somme des variables correspond à un IRTE d'une matière active ($IRTE_{global\ m.a}$) contenue dans une préparation commerciale pour une dose homologuée ou appliquée. Les équations générales 1, 2 et 3 ci-dessous résument la méthode de calcul.

$$IRTE_{aigu\ m.a} = [1.75*(Ta+O\ aou\ Oct)+Aa+M+P+B+1]^2 \quad (1)$$

$$IRTE_{chronique\ m.a} = [1.75*(Tch+Och)+Ach+M+P+B+1]^2 \quad (2)$$

$$IRTE_{global\ m.a} = [1.75*(Ta+Oaou\ Oct)+(Tch+Och)+)+Aa+\ Ach+M+P+B+1]^2 \quad (3)$$

Avec Ta, Oa et Aa : variables désignant le risque potentiel de toxicité aigüe d'une matière active sur respectivement les organismes terrestres, les oiseaux et les organismes aquatiques; Oct : variable représentant le risque potentiel de toxicité à court terme d'une matière active

sur les oiseaux ; Tch, Och et Ach : variables représentant le risque potentiel de toxicité chronique d'une matière active sur respectivement les organismes terrestres, les oiseaux et les organismes aquatiques.

Pour avoir une plus grande distribution des valeurs et mettre en évidence les phytosanitaires à fort risque potentiel, la somme des variables est élevée au carré. Dans l'évaluation des risques une plus grande importance est portée aux organismes terrestres du fait que ce sont les plus directement exposés lors d'un traitement. Les variables T et O sont donc multipliés par 1.75. Cette valeur multiplicative porte donc à 60 % les impacts écotoxicologiques de l'indicateur IRTE et à 40 % les variables physico-chimiques (M, P, B) relatives au devenir environnemental (Samuel *et al.* 2007).

Le calcul de l'IRTE permet théoriquement d'évaluer un risque de toxicité aigu et un risque de toxicité chronique. Cependant sur le plan pratique, par manque de données pour renseigner certaines variables d'entrée telle que la toxicité chronique sur les abeilles domestiques ou sur les oiseaux, le calcul des impacts des phytosanitaires à long terme sur ces espèces n'est pas encore possible (Ayadi et *al.* 2013).

1.3 Diagnostic de la pollution phytosanitaire diffuse : application et calibrage

Les IRSAm.a et IRTEm.a facilitent la sélection de produits phytosanitaires ont les moindre risque pour la santé et l'environnement. Les indicateurs de risque de toxicité des préparations commerciales (IRSAp.c et IRTEp.c) sont mis en relation avec des données liées à l'utilisation ou encore aux ventes des produits commerciaux, permettent plutôt d'analyser l'évolution des risques liés aux pesticides à différentes échelles.

Lorsqu'ils sont mis en relation avec des données liées à l'utilisation ou encore aux ventes de pesticides, l'IRSA et l'IRTE permettent d'obtenir des indicateurs de suivi de l'évolution du risque pour la santé et pour l'environnement. Ces indicateurs de suivi du risque servent d'outil d'analyse de l'évolution des risques liés aux pesticides utilisés par une entreprise, un regroupement de producteurs ou tout autre organisme disposant de données sur l'usage ou les ventes de pesticides. En attribuant à chacune des matières actives une valeur qui reflète le risque pour la santé (IRSA) et pour l'environnement (IRTE). Les données sur l'usage ou sur les ventes sont ainsi modulées en fonction du risque potentiel que représente l'utilisation des préparations commerciales. Il est ainsi possible de produire des bilans de risque sanitaire et environnemental à l'échelle de l'exploitation agricole, par type (p. ex. insecticide, herbicide) et par groupe chimique de pesticides. Par conséquent on peut utiliser l'IRSA et l'IRTE comme outils pour la gestion des assolements et des pratiques phytosanitaires dans l'espace et dans le temps en fonction de la localisation géographique des cultures et de la vulnérabilité du milieu récepteur à la pollution phytosanitaire diffuse. Ces indicateurs d'évaluation de la toxicité humaine et environnementale spatialisées doivent permettre de mettre en exergue l'iniquité spatiale afin de pouvoir intégrer ce paramètre dans la réflexion sur l'application des politiques publiques.

1.3.1 Calcul de l'IRSA selon des données d'usage

Les calculs des indicateurs de risque diffèrent selon que les données disponibles concernent l'usage des pesticides ou les ventes. Dans le cas de notre étude seules les données sur l'usage sont utilisées. Elles sont issues de plusieurs sources: Footprint pour déterminer les propriétés physicochimiques et toxicologiques des matières actives, Amiphy[24] pour déterminer les

[24] http://www.amiphy.org/fr/liensutiles.php

caractéristiques des préparations (concentrations des matières actives, types de formulation, doses homologuées) au niveau du Maroc et e-phy et Agricommend au niveau de la France et les données issues des enquêtes de terrains pour les données sur les préparations commerciales utilisées, les doses appliquées, les types de cultures et les cibles traitées au niveau du territoire analysé.

À l'échelle d'une parcelle culturale, la pondération de l'IRSAp.c et suivant des données d'usages nécessite la détermination d'un facteur d'ajustement lié à la technique et/ou le lieu d'application (FPa) (Tableau 8). Trois niveaux de risque sont alors considérés, selon l'utilisation du pulvérisateur. Un risque est élevé lorsque l'application est dirigée en hauteur (arboriculture), alors qu'un risque faible est considéré lorsque l'application est plutôt dirigée vers le sol (grandes cultures, maraichages…) ou que l'applicateur utilise un pulvérisateur avec un système antidérive. Le risque est considéré faible pour tous les pesticides enrobés autour des graines en raison d'exposition appréhendée moins importante.

Tableau 8. Facteur d'ajustement lié à la technique et/ou le lieu (FPa)

Facteur d'ajustement lié à la technique et / ou du lieu d'application (FPa)		
1	**1.5**	**2**
Semences enrobées	**Céréales-Maraichages**	**Arboriculture**
- Utilisation de semences préalablement traitées - Incorporation	- Pulvérisateur à rampe horizontale. - Pulvérisateur à jet porté ou pneumatique lorsque l'application est dirigée vers le sol - Pulvérisateur avec système antidérive	- Pulvérisateur à jet porté ou pneumatique lorsque l'application est dirigée vers le haut - Traitement de semences en milieu fermé - Utilisation des pesticides en milieu clos.

Source : Samuel et al. 2007

Dans le cas où le produit phytosanitaire contient plusieurs matières actives, l'IRT du produit est égale à somme des IRT des matières actives y présentes.

1.3.2 Calcul de l'IRTE selon le milieu récepteur

Pour obtenir des indications sur l'état du milieu récepteur, l'IRTEp.c est pondéré par des facteurs de notation de texture du sol et de la pente. Les textures sont notées selon leur importance dans les mécanismes de transfert des phytosanitaires.

Le Tableau 9 et le Tableau 10 ci-dessous récapitulent les facteurs de pondération de l'IRTE suivant le milieu récepteur et leurs notes que nous avons déterminé en se basant sur les travaux du groupe Focus (FOCUS 2003).

Tableau 9. Classes de pentes de terres agricoles du territoire de la Merja Zerga

Nom	Classe de pente
Classe 1	≤5
Classe 2	5-10
Classe 3	>10

Source : Ayadi H., 2012

Tableau 10. Classes de textures de terres agricoles du territoire de la Merja Zerga

Texture	Note
Argileuse	1
Limoneuse	1.5
Sablonneuse	2

Source : Ayadi H., 2012

1.4 EToPhy : logiciel de calcul de l'IRSA et de l'IRTE

Pour faciliter les calculs de l'IRSA et de l'IRTE, le logiciel de calcul « EToPhy[25] » a été développé (Figure 10).

Le logiciel « EtoPhy » a d'abord été développé dans sa version initiale sous une base Access. La version définitive a été programmée dans un environnement de développement de cinquième génération (Windev), permettant notamment de gérer des bases SQL, où nous avons intégré la base FootPrint. Le portage peut ainsi se faire sous différents systèmes d'exploitation (Apple, Linux, Windows) et permettra un transfert sous une forme Web dans l'objectif de développer un service SAS « Service as a Software » avec un accès internet. Cette solution technique permet de pouvoir gérer les bases de données associées, ce qui serait impossible sur des postes individuels en termes de maintenance.

Figure 10. Interface général d'EToPhy Logiciel de calcul de l'IRSA et de l'IRTE (Source : EtoPhy, 2012)

Le système de notation de l'IRSA tient compte des différents niveaux de gravité pour un même effet. De ce fait, le pointage alloué considère le niveau de gravité et le poids de preuve scientifique. Il combine lors de la caractérisation des toxicités aigues et chroniques des

[25] Logiciel EToPhy dépôt APP n° IDDN.FR.001.060017.000.D.C.2011.000.31500

matières actives les phrases de risques « R » et les propriétés physico-chimiques : ci-dessous l'exemple de la matière active 2.4 D de la Figure 11.

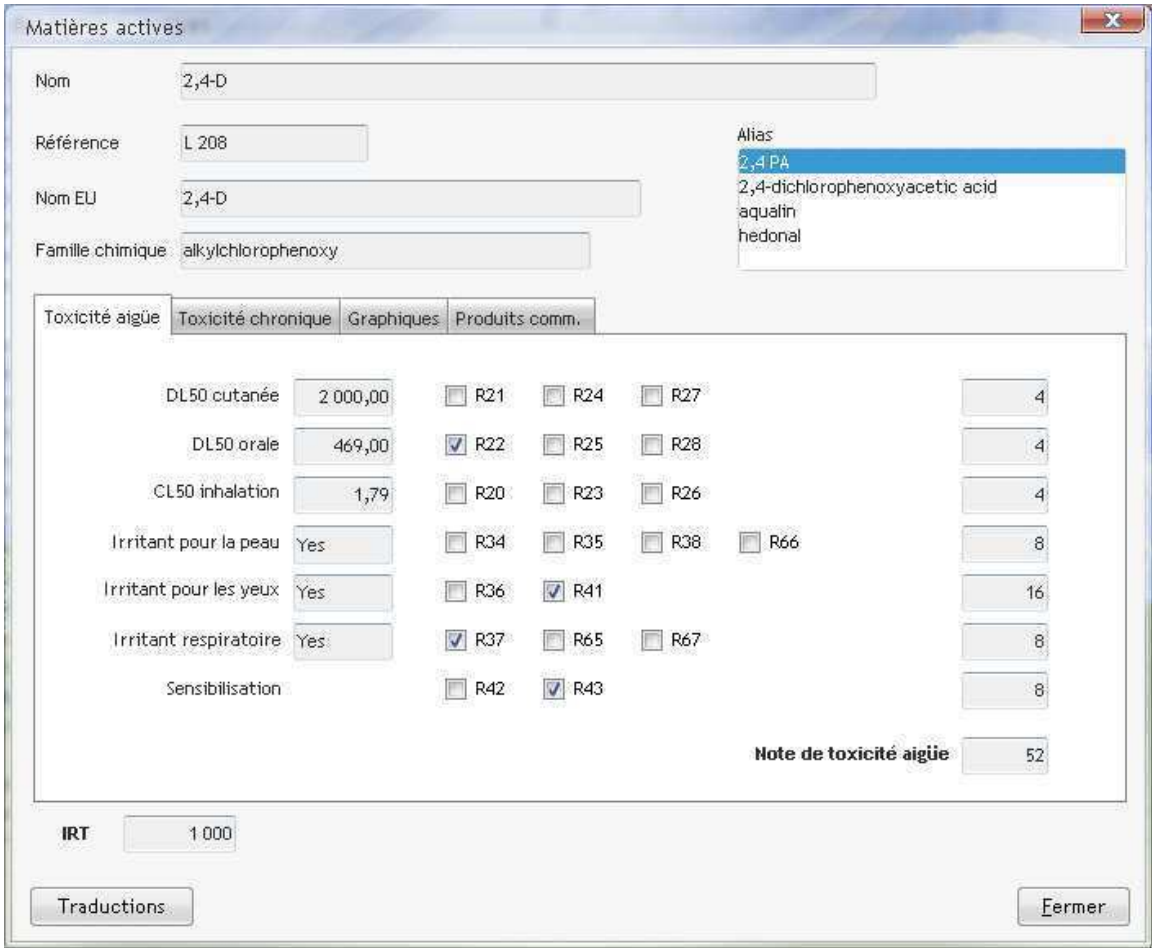


Figure 11. Caractérisation de la Toxicité aigüe des matières actives combinant les phrases de risques « R » et les propriétés physicochimiques. (Un exemple le 2,4-D) (Source : EtoPhy, 2012)

Le logiciel permet aussi le calcul d'un IRT aigu et d'un IRT chronique pour la santé humaine. Il permet aussi de faire des synthèses des résultats de toxicité aigüe (sensibilisation, toxicité par voir orale, toxicité par voie cutané, toxicité par inhalation, irritation cutanée, irritation respiratoire) et chronique (risque de cancer, effets cumulés, risque sur la reproduction et le développement, perturbateur endocrinien, neuro-toxicité) en fonction des différents paramètres évalués.

Sur le plan environnemental le logiciel permet de calculer un IRTE par matière active dans une préparation commerciale par type d'organismes vivant et par type de comportement de la matière active (Figure 12).

Figure 12. Une interface des critères utilisés pour le calcul de l'IRTE par organisme ou compartiment (Source : EtoPhy)

Dans le modèle de calcul « EtoPhy », l'organisation des données de calcul de l'IRTE se fait sous forme d'arborescence de dossiers globaux d'exploitations et de sous dossiers par parcelles culturales (Figure 13).

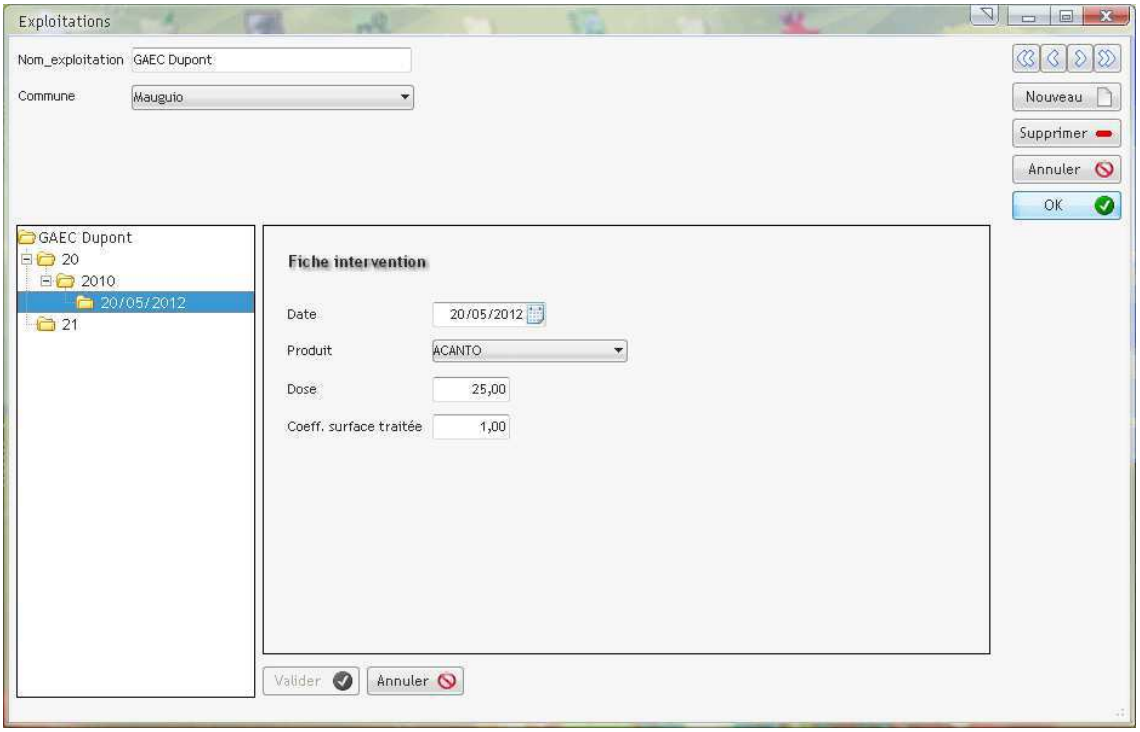


Figure 13. Organisation des données concernant les exploitations et les parcelles dans EtoPhy (Source : EtoPhy, 2012)

Il est important de mentionner que ces deux indicateurs n'ont pas d'unité : il s'agit uniquement d'une échelle de valeurs visant à comparer entre elles des matières actives, des préparations commerciales, des familles chimiques ou de cible et des unités spatiales (parcelle, exploitation, bassin versant).

Par la formalisation des pratiques phytosanitaires sous forme d'indicateurs de pression et de risques de santé humaine et environnementale, nous avons pu aller d'une notion difficile à

mesurer et à spatialiser à une donnée simple d'utilisation. Ces indicateurs permettent de rendre compte de la contribution différenciée des parcelles à la pollution diffuse. Une liaison entre les pratiques agricoles et phytosanitaires, l'organisation spatiale et la pollution diffuse des écosystèmes peut être opérée.

La question qui se pose est celle de la compréhension de cette organisation spatiale. D'où la nécessité de mettre en place un projet SIG.

2. Caractérisation du milieu naturel et analyse spatiale par SIG : une base de données multi-échelles et multicritères

Un projet de système d'information géographique (SIG) est élaboré dans un but de pouvoir mettre en relation les données relatives aux pratiques phytosanitaires avec un ensemble de déterminants potentiel. Ce Travail vise trois objectifs :

- Le premier objectif consiste en la mise en place d'une base de données spatialisée descriptive : la construction d'une base de données géo-référencée permettant une description détaillée du territoire de la Merja Zerga et de son agriculture génératrice de la pollution phytosanitaire diffuse, compte tenu de l'inexistence de ce type de base de données descriptive multi-échelles et multicritères. Celle-ci peut servir de base de départ pour d'autres recherches et études. L'intégration d'indicateur de pression (IFT) et d'indicateur de risques de toxicité humaine (IRTH) et environnementale (IRTE) permet une analyse multicritères à plusieurs échelles spatiales allant de la parcelle culturale au bassin versant et de prendre en compte l'iniquité spatiale en termes de propension à polluer caractérisée par la localisation géographique d'une culture. Ceci permet d'établir un état des lieux de la variabilité spatiale, ainsi que de dresser un bilan par rapport à la problématique de la pollution phytosanitaire diffuse. Cette étape du Travail permet ainsi de répondre à des nombreuses questions : quels est le bilan phytosanitaire, quelles sont les cultures, les parcelles et les systèmes de cultures les plus polluants ? De ce fait, l'observation du système tel que nous l'avons défini dans le SIG nous aidera à comprendre son fonctionnement.
- Le second objectif est d'apporter des éléments explicatifs : cet objectif vise à mettre en relation les indicateurs agri-environnementaux (IFT, IRTH et IRTE) avec un ensemble de déterminants issu de l'analyse spatiale des caractéristiques du milieu récepteur (pente, exposition, distance par rapport à une source d'eau…). L'analyse spatiale permet d'évaluer le rôle de l'espace dans la répartition de la pression et des impacts des phytosanitaires associés à une pratique culturale au niveau d'un bassin versant.
- Le troisième objectif est de rendre compte des évolutions potentielles de l'agrosystème de la Merja Zerga suite à des simulations de situations futures en se référant à son état de base.

2.2 Conception d'une base de données SIG multi-échelles et multicritères

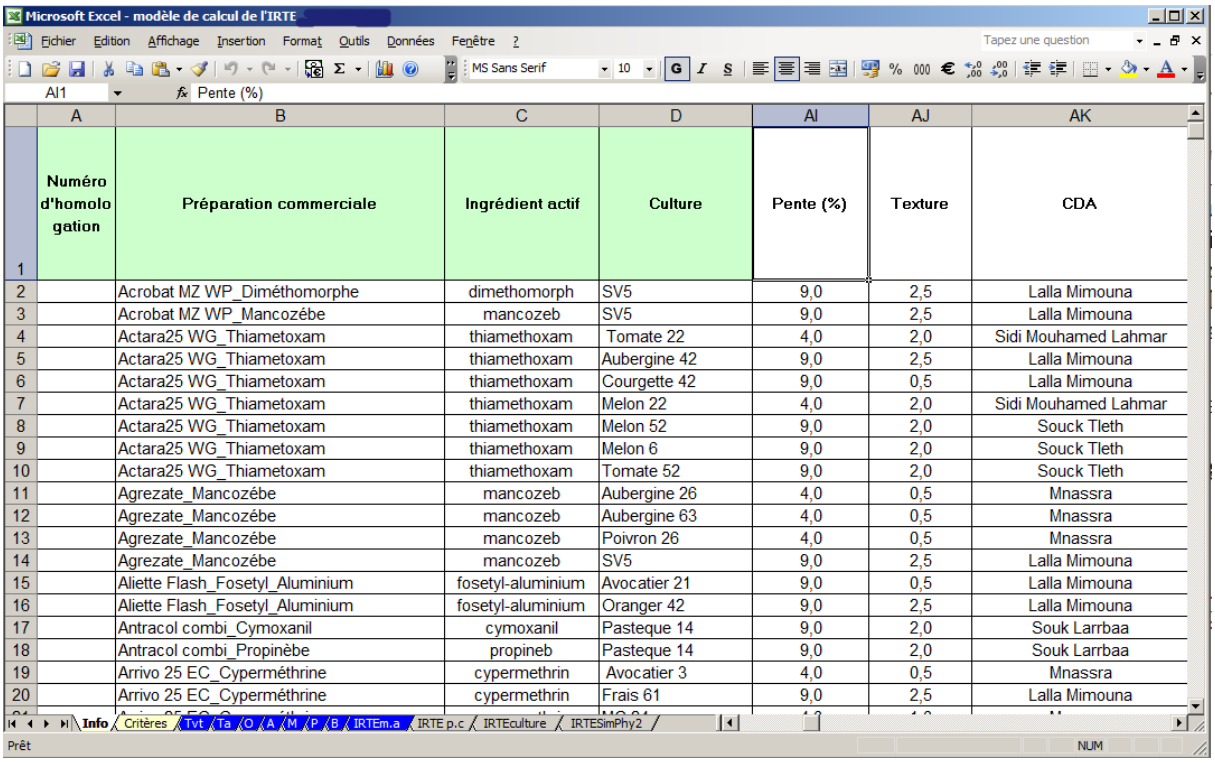
Concrètement, pour la construction de la base de données SIG, nous avons identifié les données spatiales nécessaires par définition des attributs requis pour les entités, paramétrages des limites du bassin versant, choix du système de projection géographique et du système de projection des coordonnées à utiliser.

Les jeux de données collectées par analyse bibliographique et auprès des différents acteurs du territoire de la Merja Zerga dont les ORMVA du Gharb, du Loukkos, la DREF sont de

différents formats (couches vectorielles, matricielles, carte papier, données statistiques, images scannées). Ils présentent aussi de nombreuses anomalies (sans système géographique, pas de géoréférencement, avec des échelles spatiales et des niveaux de précision différents). Pour l'automatisation des données et sa structuration sous la forme d'une base de données multi-échelles et multicritères, un Travail de numérisation, de conversion des données à partir d'autres systèmes et formats dans un format utilisable, la vérification des données et la correction des erreurs a eu lieu.

2. 3 Couplage de l'IRTE avec un SIG pour une évaluation d'un risque phytosanitaire spatialisé

Un des objectifs de ce Travail est de prendre en compte l'iniquité spatiale en termes de propension à polluer caractérisée par la localisation géographique d'une culture associée à une pratique culturale au niveau d'un milieu récepteur. Pour mieux intégrer les paramètres du milieu récepteur dans la modélisation, nous avons utilisé d'une manière conjointe et interactive les fonctionnalités des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) et d'indicateurs de risques pour l'environnement (**IRTE**) (Figure 14).



	A	B	C	D	AI	AJ	AK
1	Numéro d'homologation	Préparation commerciale	Ingrédient actif	Culture	Pente (%)	Texture	CDA
2		Acrobat MZ WP_Diméthomorphe	dimethomorph	SV5	9,0	2,5	Lalla Mimouna
3		Acrobat MZ WP_Mancozébe	mancozeb	SV5	9,0	2,5	Lalla Mimouna
4		Actara25 WG_Thiametoxam	thiamethoxam	Tomate 22	4,0	2,0	Sidi Mouhamed Lahmar
5		Actara25 WG_Thiametoxam	thiamethoxam	Aubergine 42	9,0	2,5	Lalla Mimouna
6		Actara25 WG_Thiametoxam	thiamethoxam	Courgette 42	9,0	0,5	Lalla Mimouna
7		Actara25 WG_Thiametoxam	thiamethoxam	Melon 22	4,0	2,0	Sidi Mouhamed Lahmar
8		Actara25 WG_Thiametoxam	thiamethoxam	Melon 52	9,0	2,0	Souck Tleth
9		Actara25 WG_Thiametoxam	thiamethoxam	Melon 6	9,0	2,0	Souck Tleth
10		Actara25 WG_Thiametoxam	thiamethoxam	Tomate 52	9,0	2,0	Souck Tleth
11		Agrezate_Mancozébe	mancozeb	Aubergine 26	4,0	0,5	Mnassra
12		Agrezate_Mancozébe	mancozeb	Aubergine 63	4,0	0,5	Mnassra
13		Agrezate_Mancozébe	mancozeb	Poivron 26	4,0	0,5	Mnassra
14		Agrezate_Mancozébe	mancozeb	SV5	9,0	2,5	Lalla Mimouna
15		Aliette Flash_Fosetyl_Aluminium	fosetyl-aluminium	Avocatier 21	9,0	0,5	Lalla Mimouna
16		Aliette Flash_Fosetyl_Aluminium	fosetyl-aluminium	Oranger 42	9,0	2,5	Lalla Mimouna
17		Antracol combi_Cymoxanil	cymoxanil	Pasteque 14	9,0	2,0	Souk Larrbaa
18		Antracol combi_Propinèbe	propineb	Pasteque 14	9,0	2,0	Souk Larrbaa
19		Arrivo 25 EC_Cyperméthrine	cypermethrin	Avocatier 3	4,0	0,5	Mnassra
20		Arrivo 25 EC_Cyperméthrine	cypermethrin	Frais 61	9,0	2,5	Lalla Mimouna

Figure 14. Modèle de calcul de l'IRTE des phytosanitaires du territoire de la Merja Zerga sous Excel (Source : Travail Ayadi H., 2012)

En plus des données liées aux caractéristiques physicochimiques et éco-toxicologiques des matières actives et des préparations commerciales, le modèle de calcul de l'IRTE (Figure 14) utilise des données liées aux caractéristiques du milieu récepteur (topographie et pédologie). Ces données topographiques et pédologiques sont caractérisées par les pentes et les textures des sols. Ces dernières sont issues du projet SIG. Les composantes du relief associées aux caractéristiques pédologiques constituent des facteurs qui conditionnent le transfert des polluants entre les parcelles culturales et dans l'environnement avec ses trois compartiments (air, sol et eau).

Afin de pouvoir intégrer les pentes et les textures comme facteurs de pondération de l'IRTE, nous leurs avons attribué des notes en se basant sur les travaux de FOCUS (FOCUS 2003).

La pente est un facteur conditionnant fortement la diffusion des phytosanitaires dans l'environnement. Les pentes du bassin versant de la Merja Zerga ont été générées par analyse spatiale du Modèle Numérique Terrain (MNT). En se basant sur l'histogramme de fréquence des valeurs de pente des seuils ont été fixés. De ce travail, trois classes de pente ont été mise au point (≤5 ; 5 à 10 ; >10). Des notes, sur une échelle linéaire de 1 à 2 ont été attribuées à ces trois classes de pente.

Les textures des sols sont issues de la carte des fertilités des sols en cours de réalisation par l'INRA au Maroc.

Compte tenu que nous utilisons les trois outils (indicateurs, SIG et modèle technico-économique) le projet SIG est utilisé dans la mise en œuvre de la typologie du modèle technico-économique du territoire.

3. Typologie des exploitations : couplage d'une base de données technico-économiques avec un projet SIG

3.1 Quelle typologie utilisée ?

Les données recueillies aux cours des entretiens semi-directifs avec les agriculteurs forment une matière dense et riche, ne permettant pas d'avoir une vue d'ensemble. Pour passer des fiches technico-économiques rédigées par exploitation aux informations essentielles à l'élaboration de la typologie, nous avons procédé à l'exploration de « critères de diversité » qui permettent de différencier les modalités de pratiques des agriculteurs de l'échantillon. À cause des enjeux de la pression des phytosanitaires et leurs impacts sur la santé humaine et l'environnement, la transformation des pratiques devient un objet de discussion entre agriculteurs, agents de développement et chercheurs. En Méditerranée, les pratiques des agriculteurs sont diversifiées. Cela nécessite d'être capable de représenter cette diversité afin d'aider à mieux poser les problèmes de développement et d'identifier, au sein de ces problèmes, ce qui est traitable scientifiquement. Or aucune méthode typologique actuelle ne porte sur ces pratiques, qui restent confinées à des monographies par surfaces d'exploitations. Partant d'un dispositif de recherche d'ingénierie, cette partie vise à construire une typologie représentative des systèmes de productions du territoire de la Merja Zerga.

Cette classification propose une méthode de formalisation d'une typologie de pratiques construite en partenariat avec des acteurs de terrain. Elle procède d'une perspective de construction collective de catégories de pratiques agricoles et phytosanitaires des agriculteurs à partir de données de base. La diversité des pratiques agricoles et phytosanitaires est perçue à deux échelles: à l'échelle de la région ou bassin versant où les éléments d'ordre physique sont à l'origine des différences observées et à l'échelle des exploitations agricoles où diffèrent les éléments de structure et les modes de fonctionnement. Cette hétérogénéité constitue souvent une des principales causes d'échec des stratégies de gestion et de développement reposant sur des schémas standardisés (Perrot et Landais 1993). Ce constat nous a poussé à la prise en compte de la diversité des situations agricoles, conditions fondamentales pour la réussite des interventions en milieu agricole (Capillon 1993).

Pour ce faire, nous avons procédé à un zonage pour exprimer la diversité géophysique du bassin versant et les typologies pour exprimer la diversité des exploitations agricoles. Cette typologie, réalisée à dire d'acteurs est l'issue d'une combinaison d'une typologie structurelle et une typologie fonctionnelle. L'ensemble des critères considérés dans la conception de cette

typologie des exploitations sont : le CDA, l'aménagement agro-hydraulique, le milieu pédoclimatique, les rotations et la taille de l'exploitation, la stratégie de l'agriculteur et ses pratiques culturales.

Toutefois, la différenciation des typologies structurelles et des typologies fonctionnelles se fait selon la nature des variables utilisées.

Les typologies de structure sont basées sur les moyens de production disponibles dans l'exploitation et permettent d'obtenir une photographie des exploitations agricoles de la région à un moment donné. Les critères de différenciation sont choisis par empirisme. Parmi les méthodes utilisées nous mentionnons la méthode dite « la segmentation ». Dans la segmentation, les critères discriminants sont choisis un à un de façon graduelle en commençant par le plus discriminant jusqu'à l'obtention de types assez homogènes. Cette méthode n'est valable que si on a un nombre réduit de critères discriminants.

Pour construire les typologies de structure, les données ont été collectées par enquête à l'aide d'un questionnaire comprenant essentiellement des questions fermées sur les superficies et les productions des différentes cultures, les intrants, les matériels agricoles, la main-d'œuvre… Les morphologies des exploitations, ont servi de support à la création d'une base de données.

En revanche, deux exploitations ayant une même structure n'ont pas forcément le même fonctionnement (Mbetid-Bessane *et al.* 2002). Dans une typologie fonctionnelle, l'exploitation agricole est définie comme un système aux fonctions multiples (production, territoire, société) dont l'agriculteur suit un enchaînement de prises de décision dans un ensemble de contraintes et d'atouts en vue d'atteindre des objectifs (Boisset 2008). Les typologies de fonctionnement s'intéressent alors à l'analyse des processus de production et de prise de décision dans les exploitations agricoles.

Les variantes de typologies de fonctionnement le plus souvent rencontrées sont celles :

– focalisées sur les projets de l'agriculteur, autrement dit : quels sont ses objectifs et ses stratégies ?

– conçues sur les systèmes de pratiques des agriculteurs. Pour quels résultats ? Pour faire quoi ? Comment fait-il pour atteindre ces objectifs ?

– à dire d'acteurs: les collectes des données pour ces typologies ont été réalisées à l'aide des guides d'entretien ouverts laissant plus de place aux discussions sur l'histoire, les objectifs, stratégies, atouts, contraintes, performances et pratiques des exploitations. Ces entretiens, couplés à des observations, ont été réalisés à partir d'échantillons réduits de 65 exploitations.

À l'issu de cette combinaison de méthode de typologie de structure et de fonctionnement, la création d'un nombre réduit d'exploitations fictives représentatives des exploitations réelles « nommées exploitations types » sur le plan des orientations technico-économique, classe de SAU et localisation géographique par CDA ont eu lieu. Chaque exploitation type représente un certain nombre d'exploitations réelles, ce qui se concrétise par l'affectation d'un effectif d'agriculteurs par exploitation type. Chacune est organisée autour d'ateliers de production avec des caractéristiques du milieu physique (pédo-climat), techniques et économiques, qui constituent l'assolement de l'exploitation.

3.2 Élaboration d'une typologie de l'exploitation basée sur des critères de structure et de mode de fonctionnement

En partant de l'hypothèse que l'espace détermine les activités agricoles et que par voie de conséquence, il en est une lecture, nous avons choisi d'observer dans quelle mesure les trois

points de vue sur l'espace peuvent nous renseigner sur les modes de fonctionnement des exploitations. Nous avons conçu une typologie par combinaison de critères de structure et de mode de fonctionnement des exploitations enquêtés. Cette base de données s'intitule « la Merja Zerga et les pratiques phytosanitaires » dont l'acronyme est « Merja Phytos ».

Afin que la base de données soit spatialisée, nous avons procédé à son couplage avec la base SIG multi-échelle multicritère de caractérisation du milieu physique et administratif du territoire. Cette étape du Travail a exigé une analyse conjointe de cartes et des données de fonctionnement des exploitations enquêtées et modélisées dans la plate-forme Olympe en référence à un modèle réel des années 2011 et 2012. Ce Travail de construction de la typologie a été fait avec la participation des acteurs de terrain constitué par les chefs des CDA et les agents des offices, en six étapes :

- 1e étape. Analyse des fiches d'enquêtes de terrain : la première étape consiste à structurer les données d'assolements des exploitants réelles pour les années 2011 et 2012 issues des enquêtes de terrain sous forme de base de données technico-économiques.
- 2e étape. Construction des exploitations types par fonctionnement spatial. Cette étape consiste à un couplage de la base de données technico-économiques avec la base de données SIG afin de former des exploitations types par fonctionnement spatial. Le choix des exploitations par type de fonctionnement spatial a été faite à dire d'acteur. Chaque groupe constitué est représenté par une exploitation type, et correspond à un ensemble d'exploitations réelles présentes dans la zone en 2011 et 2012. Ainsi, l'élaboration d'exploitations types s'appuie sur un choix pertinent des variables actives au niveau de chaque CDA. Parmi celles-ci, on dispose de :
    - Céréales
    - Légumineuses
    - Fourrages
    - Oléagineux
    - Cultures industrielles
    - Cultures Maraichères
    - Arboriculture
    - Fruits rouges

Ces variables ont été choisies pour les raisons suivantes :

- Pour la majorité d'entre elles, ce sont des productions importantes et représentatifs de la zone.
- Certaines variables ont été particulièrement détaillées compte tenu de leur importance dans la zone. C'est le cas du bananier et des fruits rouges.

- 3e étape. Prise en compte des strates de taille par classe. Une deuxième classification par taille d'exploitation a été faite, en distinguant deux classes de taille : une classe de superficie de moins de 5 hectares et une classe de superficie de 10 hectares et plus.

Si la typologie par mode de fonctionnement est appréciable pour sa simplicité de représentation, et sa facilité d'utilisation, ces qualités sont aussi, dans certaines mesures, ses propres limites. Pour aborder à terme les problématiques concernant la dynamique des

exploitations, il paraît judicieux de disposer de groupes plus proches de la réalité des classes de taille d'exploitations présentes dans la région.

C'est ainsi que pour chaque groupe, trois strates de taille ont été distinguées : < 5 ha, 5- 10 ha, > 10 ha. Il s'agit d'une adaptation des typologies structurelles des CDA du territoire.

- 4e étape. Constitution des groupes d'exploitations types. Cette étape vise à constituer des effectifs pour la pondération des exploitations types afin de représenter le poids de chaque système de productions au niveau du bassin versant de la Merja Zerga. Pour cela nous avons eu recours à un modèle d'optimisation maximisant la marge brute au niveau du bassin versant sous contraintes de marché, de pression et de toxicité phytosanitaire. L'objectif de la conception de ce modèle linéaire n'est pas de chercher une solution optimale mais de délimiter les paramètres de calage du jeu (construction d'abaques).
- 5e étape. Calage de la typologie. Cette étape consiste à bien ajuster les données théoriques avec celles réelles issues de la monographie des exploitations par CDA. Deux calages ont été faits sur le modèle : un calage par groupe d'exploitations et un calage par type de culture. Le calage par groupe d'exploitations consiste à la comparaison des surfaces réelles d'assolements des cultures de chaque groupe avec les surfaces issues de la typologie. Cet assolement a été choisi pour répondre à un ensemble de critères.
    - L'assolement choisi doit être une moyenne des assolements des exploitations présentes dans chaque groupe. En effet, le but de cet assolement est avant tout de représenter un ensemble d'exploitations.
    - Il faut que, lorsqu'on multiplie cet assolement fictif par les effectifs (nombre d'exploitations), cela corresponde aux surfaces totales réelles issues des morphologies d'assolements par CDA.

Le calage par type de culture consiste à la comparaison des surfaces réelles de chaque culture aux surfaces fictives obtenues par optimisation du modèle linéaire.

- 6e étape. Validation de la typologie. Cette typologie a fait l'objet de discussions pour validation par le panel d'acteurs du territoire de la Merja Zerga, principalement des ingénieurs de l'officie du Gharb et du Loukkos et des six CDA du bassin versant.

La typologie issue de ce Travail constitue la base du modèle du territoire, dont la construction sera le sujet de la partie suivante.

Conclusion du chapitre V

L'objectif de ce chapitre consiste à choisir et concevoir des outils pour la formalisation et la simplification d'une multitude de données afin de pouvoir analyser le territoire dans sa globalité en tant que système agricole.

La construction des indicateurs de risques permet de pallier au manque d'indicateurs qui considère le territoire dans sa globalité et ses particularités liées à son milieu naturel. La formulation des données sur les pratiques phytosanitaires sous forme d'indicateurs de pression (IFT) et de risque de toxicité humaine (IRSA) et environnementale (IRTE) permet de mettre en relation les pratiques phytosanitaires et les impacts négatifs pour la santé humaine et l'environnement.

La caractérisation du milieu naturel par une base de données SIG vise, d'une part, à délimiter l'unité spatiale adéquate au diagnostic de la pollution phytosanitaire diffuse et, d'autre, part à

mettre en relation les données relatives à l'usage des pesticides, et notamment les indicateurs de pression et de risques de toxicité humaine et environnementale avec un ensemble de déterminants potentiels. D'une manière générale, les analyses spatiales doivent aider à évaluer le rôle de l'espace dans la distribution des IFT, des IRSA et des IRTE.

L'analyse des données relatives aux exploitations, à leurs pratiques culturales et aux activités agricoles, acquises au moyen d'enquêtes, ont permis d'élaborer une typologie par création d'un nombre réduit d'exploitation fictives représentatives des exploitations réelles « nommer exploitations types » sur le plan des orientations technico-économique et des superficies. Chaque exploitation type représente un certain nombre d'exploitations réelles, ce qui se concrétise par l'affectation d'un effectif par exploitation type. Chacune est organisée autour d'ateliers de production avec des caractéristiques physiques, techniques et économiques qui constituent l'assolement de l'exploitation.

CHAPITRE VI

MODELISATION PARTICIPATIVE ET JEU DE SIMULATION

La pollution phytosanitaire diffuse est un phénomène complexe à gérer. Son processus de diffusion ignore toute limite parcellaire ou d'exploitation. De ce fait, les actions à entreprendre telles que l'organisation spatiale des cultures et la modification des pratiques agricoles nécessitent une coopération entre les agriculteurs sur des espaces voisins reliés entre eux par des fonctionnements biologiques et physiques (hydrographie). Or, le plus souvent, le contexte économique conduit les agriculteurs à avoir des logiques productivistes et individuelles. Ces logiques se traduisent par une gestion qui se limite au territoire de l'exploitation, sans tenir compte de la flexibilité des différents systèmes de production en termes de gestion des produits phytosanitaires et de la continuité des phénomènes physiques.

Depuis quelques années, le Maroc essaye de mettre en place une politique de développement durable pour faire face aux grands enjeux que sont la sécurité alimentaire, la hausse des prix des produits agricoles, la responsabilisation des producteurs, la lutte contre la pauvreté... Dans ce cadre, en 2008, une nouvelle stratégie de développement agricole intitulé « Plan Maroc Vert » a été mise en place. Les objectifs fixés sont une amélioration des revenus des agriculteurs, une meilleure gestion des productions afin d'assurer la sécurité alimentaire du pays, une protection des ressources naturelles des différentes régions et une meilleure intégration de l'agriculture marocaine au marché national et international qui passe par une meilleure gestion des produits phytosanitaires. Dans ce contexte, il est important de donner les moyens aux instances locales de gérer les problèmes liés à une augmentation des productions agricoles. Ces problèmes sont principalement liés à une augmentation de l'utilisation des produits phytosanitaires qui ont des répercussions plus ou moins néfastes sur l'environnement et la santé humaine.

Au niveau local, les méthodes et les outils doivent être adaptés pour évaluer les impacts des produits phytosanitaires sur l'environnement et la santé humaine. Différentes approches de modélisation territoriale nous a conduit à élaborer un premier niveau d'analyse méthodologique et définir des outils appropriés pour la mise en œuvre des stratégies de gestion et d'aménagement du territoire en collaboration avec les parties prenantes.

Ce chapitre se propose de présenter un jeu de simulation intitulé *SimPhy* (Simulation des Phytosanitaires) basé sur différents outils de la modélisation participative et d'indicateurs. L'objectif est de développer une méthode basée sur un jeu de simulation qui permette de définir des stratégies de gestion pour la réduction de la pollution phytosanitaire diffuse sur la santé humaine et l'environnement. Notre approche met directement les acteurs d'un territoire en situation de gestion des exploitations agricoles types sous contraintes de réduction de phytosanitaires (quantité et toxicité) et soumis à des aléas de marché et de climat (types d'année de pression phytosanitaire).

1. Conception du jeu de simulation SimPhy : couplage DSS « Merja Phytos » avec IRTE et la base de données SIG avec participation des parties prenantes

Dans le cadre de la gestion de la pollution diffuse et dans une démarche participative, nous avons conçu le jeu SimPhy (Simulation des Phytosanitaires) mettant les acteurs[26] du territoire de la Merja Zerga en situation de gestion des exploitations agricoles sous contraintes de réduction de phytosanitaires (quantité et toxicité) et soumis à des aléas de marché et de climat (types d'année de Pression Phytosanitaire). Il s'agit d'un jeu piloté (Allaya M. *et al.* 2004) dans lequel les choix des joueurs sont guidés par des règles mise en place au préalable par le concepteur.

La construction et le test du jeu SimPhy a mobilisé des chercheurs de plusieurs disciplines (géographie, agronomie, biologie, phytiatrie, économie, informatique) et des acteurs de terrains (DREF, ORMVA du Gharb et Loukkos et agriculteurs). Le jeu SimPhy est basé sur un modèle de simulation d'un système référent réel. Cette collaboration a créé un terrain d'entente entre géographes, agronomes, économistes, gestionnaire et spécialistes en ce qui concerne la modélisation d'un processus itératif dans le cadre d'une approche participative interdisciplinaire pour la création d'une représentation commune de la problématique de pollution phytosanitaire diffuse.

Le développement et l'usage du jeu de simulations comportent différentes phases qui se résument en trois étapes : conception du modèle, son implémentation et sa validation (Figure 15). La conception du modèle consiste à la mise en place d'un schéma qui illustre les différentes phases du modèle. L'implémentation du modèle consiste à sa mise en œuvre et son application à un exemple réel par le choix et le développement de scénarios (scénarios d'exploration de la dynamique du système et scénarios de gestion). La validation consiste au paramétrage du modèle et à confronter ses résultats à des observations réelles. La participation des acteurs du système étudié a eu lieu aux différents stades. Le but recherché est la construction d'un consensus pour l'aide à la décision collective des acteurs du territoire de la Merja Zerga. Les représentations des différents groupes d'acteurs sont partagées durant l'étape d'établissement du modèle conceptuel et les discussions sont orientées par les animateurs vers la définition d'un modèle et d'une vision consensuelle du système et de ses dynamiques.

Ainsi, dans cette étude, l'outil de simulation est utilisé pour imiter les dynamiques des systèmes complexes. Il nous sert de support à la discussion en simulant la réponse du système à des décisions et des stratégies de gestion qu'envisagent les participants. Il amène également les participants à prendre du recul par rapport aux évolutions possibles du système et à adopter une vision globale du système.

[26] Compte tenu de l'analphabétisme des agriculteurs, nous avons eu recours pour ce jeu à des étudiants de l'IAV Hassan II et des techniciens et ingénieurs des ORMVA du Gharb et du Loukkos que nous remercions au passage, pour ce jeu de rôles et pour effectuer toutes les simulations des scénarios.

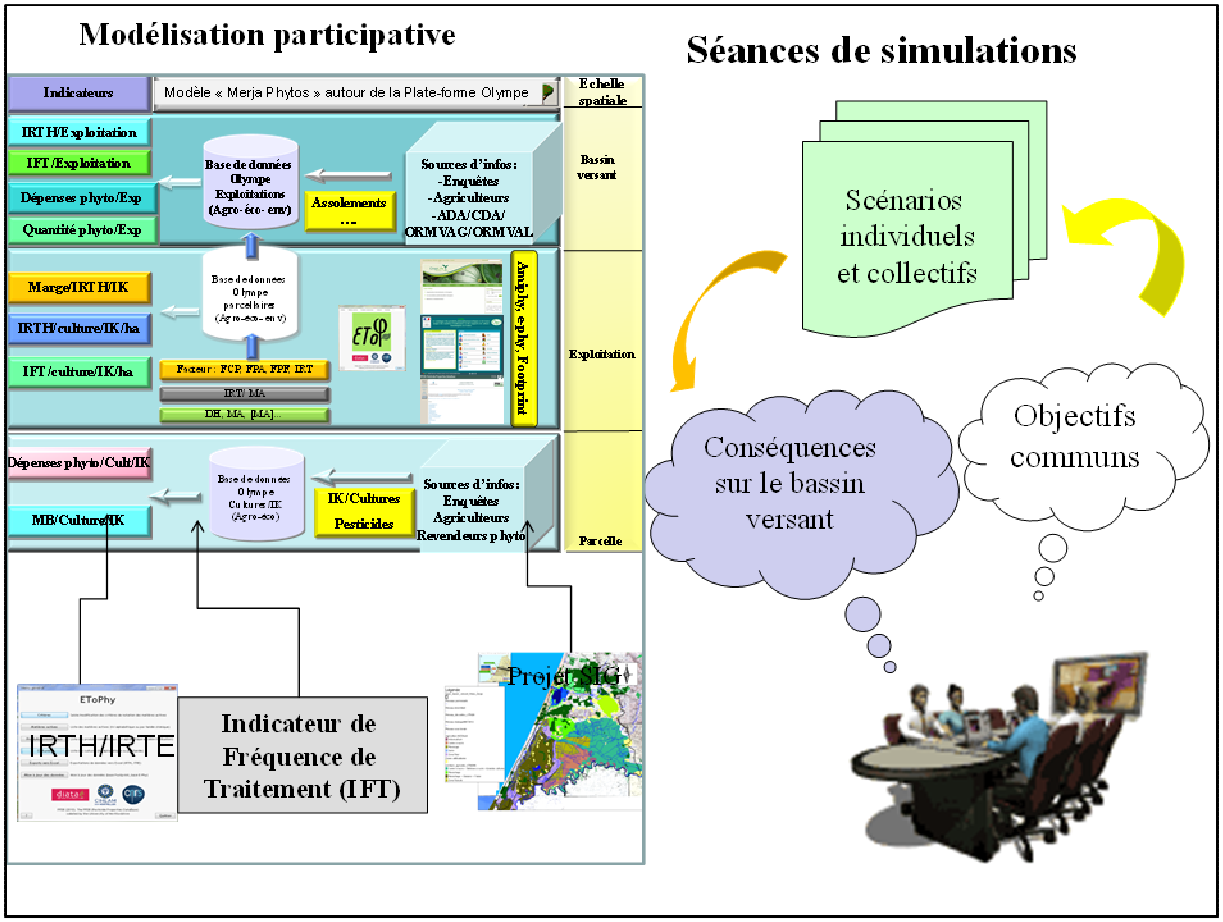


Figure 15. Modèle conceptuel du jeu de simulation « SimPhy » au niveau du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2012)

2. Support informatique du jeu SimPy : couplage d'un DSS avec des indicateurs et une base SIG

Le territoire de la Merja Zerga est représenté par un modèle conceptuel, intitulé « Merja_Phytos » (Figure 16). La représentation du modèle « Merja_Phytos » a été réalisée en deux étapes :

- L'implémentation du modèle au niveau de la plate-forme Olympe de type Decision Support System (DSS) (Attonaty *et al.* 1991). A cours de cette étape, les données technico-économiques et les indicateurs de pression (Indicateur de Fréquence de Traitement IFT) et de risque de toxicité des phytosanitaires (Indicateur de Risque sur la Santé de l'Applicateur IRSA) sont saisis. ces exploitations sont des données d'alimentation et
- Couplage de la base technico-économique olympe avec l'indicateur de risque de toxicité environnementale (IRTE) et une base de données SIG décrits au chapitre précédent.

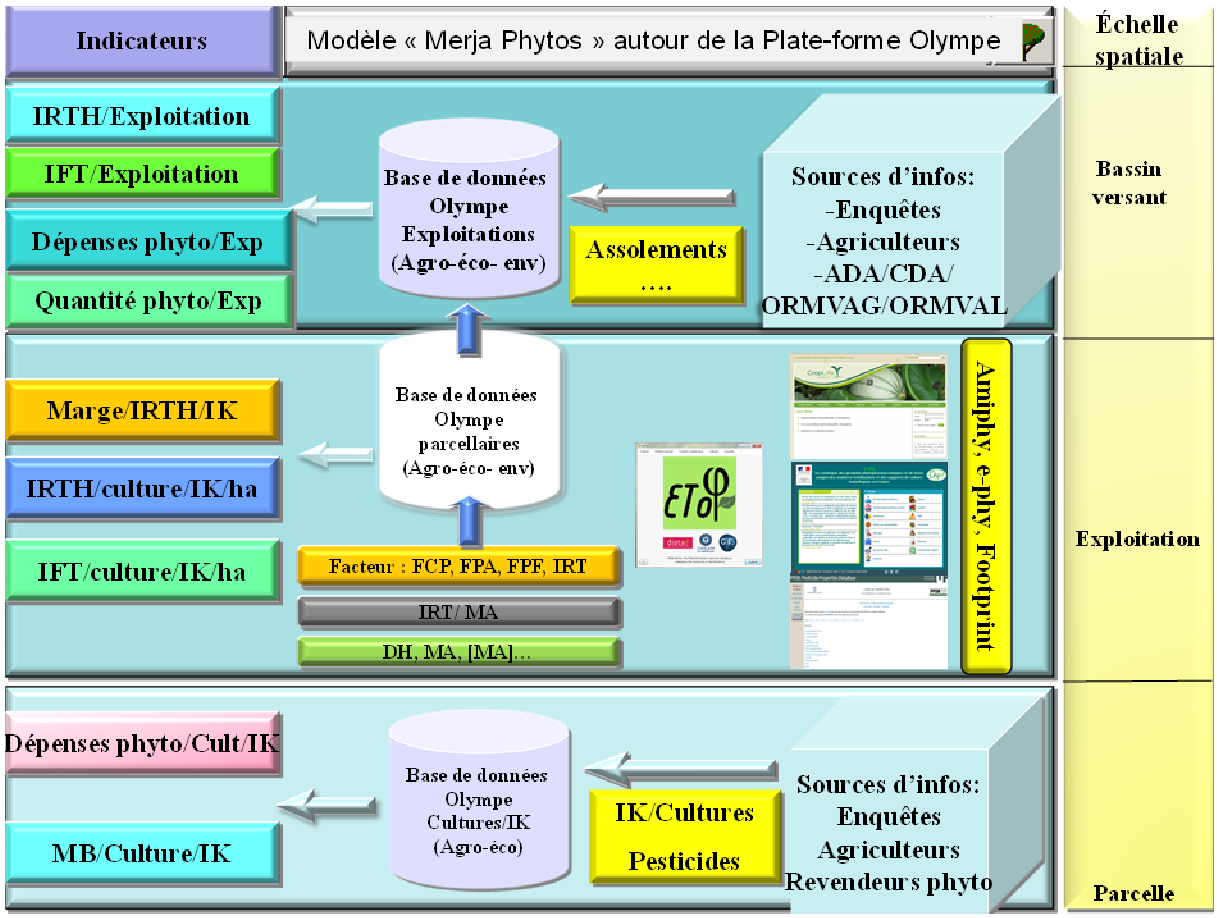


Figure 16. Conception du Modèle « Merja Phytos » autour de la plate-forme de type SIAD « Olympe » (Réalisation : Ayadi H., 2012)

Le choix de cet outil est justifié par sa grande capacité à intégrer les aspects économiques, techniques et environnementaux de gestion des cultures d'exploitations agricoles, afin de voir les conséquences de différents scénarios envisagés par l'exploitant ou par des autorités locales (Le Bars et Snoeck 2007). Il a été conçu pour travailler de façon interactive avec les agriculteurs, que ce soit individuellement ou en groupe (Le Grusse 2006). L'outil peut servir comme base de données technico-économiques. Il peut être utilisé pour l'évaluation des conséquences des changements dans la gestion des cultures ou le test de facteurs inconnus dans la simulation. Comme il permet d'évaluer les conséquences d'événements imprévus sur les résultats d'un projet (par exemple, les fluctuations de prix, les facteurs climatiques, les tendances changeantes du marché).

2.1 Saisi des systèmes de productions types et leur base de données technico-économiques

La typologie des exploitations agricoles et sa base de données technico-économique, suivant la méthode décrite au paragraphe 3.2 du cinquième chapitre, a fait l'objet d'une saisie au niveau de la plate-forme Olympe (Figure 17) suivant un emboitement d'échelles spatiales de la parcelle culturale au bassin versant et par intégration de l'espace structuré et géré.

La saisie des données a été réalisée en différentes phases :

- 1e phase. Définitions des produits et des charges. Au cours de cette phase nous avons défini, par catégories, les produits avec leurs prix de vente et les charges opérationnelles liées à la production. Ces valeurs vont servir par la suite à élaborer les fiches technico-économiques de chaque culture.
- 2e phase. Élaboration des Itinéraires Technico-Économiques au niveau de l'atelier par culture et par parcelle culturale. Pour chaque type de production, les données sont saisies par catégories et par atelier défini au niveau de la catégorie (exemple pour la catégorie céréales les ateliers sont culture de blé dur, blé tendre et orge...). Au niveau de l'atelier chaque parcelle culturale représentée est définie par une fiche technico-économique qui retrace les pratiques culturales, les charges opérationnelles et les produits agricoles. Cette étape consiste à rentrer dans le modèle Merja Phytos-Olympe les quantités d'intrants utilisés et les produits obtenus pour chaque culture.
- 3e phase. Les agriculteurs. À ce niveau la typologie élaborée précédemment a été saisie dans le logiciel. Pour chaque système de culture-type, l'ensemble des cultures et leurs assolements ont été saisis.
- 4e phase. Les ensembles. Dans cette rubrique du modèle, le territoire est représenté par les effectifs des agriculteurs de chaque système de culture-type. Les exploitations saisies suivant différents critères sont agrégées afin de déterminer la représentativité de chaque système de production au niveau du bassin versant. À cette fin, nous avons utilisé les effectifs des agriculteurs comme coefficients de pondération. Le système de production est le produit des données d'une exploitation individuelle et le nombre total des exploitations qu'elle représente en réalité.

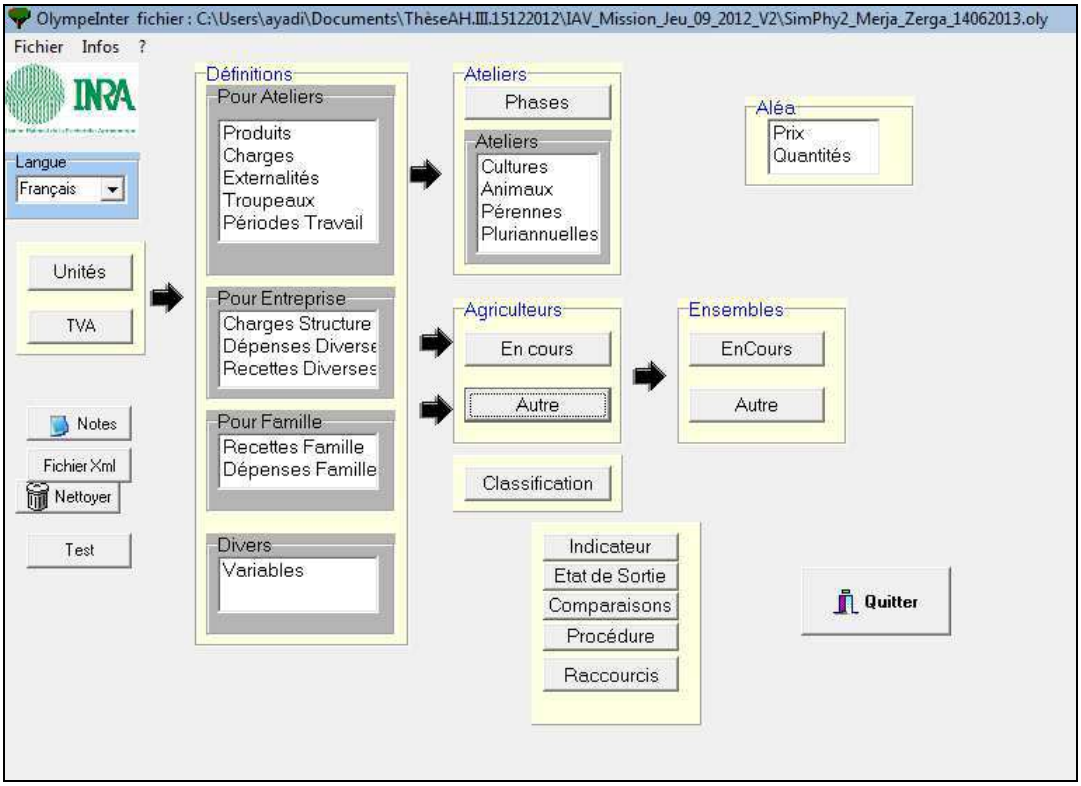


Figure 17. Interface du menu principal de la plate-forme Olympe (Source : Version 1.34 de Olympe, INRA de Grignon, 2006)

2.2 Création des indicateurs : couplage du modèle « Merja_Phytos » avec les indicateurs de pression et de risques de toxicité pour la santé humaine (IRSA)

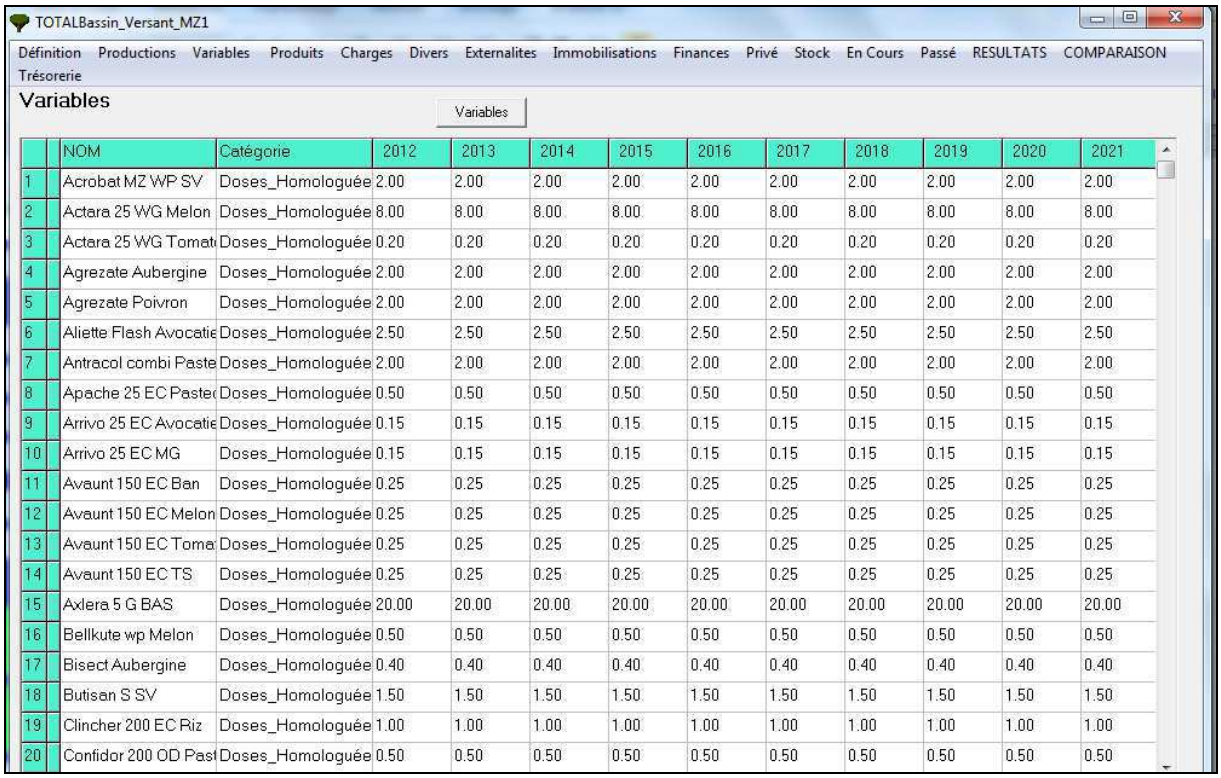
L'évaluation de la pression et des impacts des produits phytosanitaires utilisés au niveau du territoire de la Merja Zerga nécessite le couplage de la base de données « Merja_Phytos » avec l'IFT et l'IRSA et d'autres bases de données telle qu'Amiphy pour les formulations et les doses homologuées. Il s'agit de la 5e phase de modélisation au niveau de la plate-forme Olympe.

5e phase. Modélisations des indicateurs de pression (IFT) et de risque de toxicité humaine (IRSA) dans la rubrique « variables » (Figure 18).

. Pour pouvoir faire des simulations d'éventuelles réductions des risques de toxicité ou de pression à l'échelle de la parcelle culturale, de l'exploitation agricole ou du système de production, le couplage du modèle technico-économique avec les deux indicateurs (IRSA et IFT) est indispensable. Cette tâche a été réalisée en plusieurs étapes.

1e étape. Au niveau de la rubrique « variables ». Création de trois catégories de variables : doses homologuées, concentrations des matières actives dans les préparations commerciales et IRSAm.a.

2e étape. Renseignement des trois types de variables au niveau de la rubrique « les Agriculteurs » bouton « variables ».



	NOM	Catégorie	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	Acrobat MZ WP SV	Doses_Homologuée	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
2	Actara 25 WG Melon	Doses_Homologuée	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
3	Actara 25 WG Tomat	Doses_Homologuée	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
4	Agrezate Aubergine	Doses_Homologuée	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
5	Agrezate Poivron	Doses_Homologuée	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
6	Aliette Flash Avocatie	Doses_Homologuée	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
7	Antracol combi Paste	Doses_Homologuée	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
8	Apache 25 EC Paste	Doses_Homologuée	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
9	Arrivo 25 EC Avocatie	Doses_Homologuée	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
10	Arrivo 25 EC MG	Doses_Homologuée	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
11	Avaunt 150 EC Ban	Doses_Homologuée	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
12	Avaunt 150 EC Melon	Doses_Homologuée	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
13	Avaunt 150 EC Toma	Doses_Homologuée	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
14	Avaunt 150 EC TS	Doses_Homologuée	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
15	Axlera 5 G BAS	Doses_Homologuée	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
16	Bellkute wp Melon	Doses_Homologuée	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
17	Bisect Aubergine	Doses_Homologuée	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
18	Butisan S SV	Doses_Homologuée	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
19	Clincher 200 EC Riz	Doses_Homologuée	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	Confidor 200 OD Past	Doses_Homologuée	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

Figure 18. Interface de la rubrique Variables (Source : modèle Merja_Phytos_Olympe, 2012)

Les doses homologuées des préparations commerciales et les concentrations de leurs matières actives sont issues de trois bases de données. Il s'agit de la base Amiphy[27] (Association Marocaine des Importateurs des produits Phytosanitaires), la base de données Française

e-phy[28] et l'Index Phytosanitaire Marocain version 2012. Les données collectées ont été saisies au niveau de la rubrique « Variables » de chaque exploitation agricole.

Fpf_Fpa_IRTm.a sont issus du modèle EToPhy et d'un calcul sous Excel.

3e étape. Au niveau de la rubrique « Indicateur ». Création des formules de calcul de IFT et de IRSA. Trois échelles spatiales sont prises en compte au niveau de cette rubrique : la parcelle culturale, l'exploitation agricole et le bassin versant.

À l'échelle de la parcelle culturale trois types d'IFT (un IFT issu de la division de la dose appliquée par la dose homologuée) ont été calculés :

- IFT Herbicide par hectare, en faisant la somme des IFT traitements herbicides ;
- IFT Hors Herbicide par hectare, en faisant la somme des IFT traitements fongicides et insecticides
- IFT culture par hectare, en faisant la somme des IFT Herbicide et IFT Hors Herbicide.

À l'échelle de l'exploitation agricole :

- IFT exploitation, en faisant la somme des IFT des cultures cultivées dans l'exploitation multipliée par chaque assolement.

À l'échelle du bassin versant :

- IFT bassin versant, en multipliant IFT exploitation pour l'effectif des agriculteurs représentant le poids du système de culture à l'échelle du bassin versant.

Pour le calcul de l'IRSA, Il y a eu la programmation de plusieurs formules au niveau de la rubrique « Indicateur » de la plate-forme Olympe en trois étapes :

- Écriture de la formule de calcul des quantités de matières actives par hectare. Cette formule permet de déterminer le facteur de pondération de l'IRT suivant le FCP
- Création d'un premier indicateur qui calcule la quantité de chaque matière active appliquée par les agriculteurs.
- Calcul d'un indicateur qui attribue une note à l'FCP selon la quantité de la matière active appliquée par l'agriculteur.

Trois échelles ont été retenues pour le calcul de l'indicateur de risque de toxicité pour la santé humaine (IRSA).

Le premier niveau est la parcelle culturale où l'IRSA-Culture-par hectare est calculé en faisant la somme des IRSA des produits.

[27] Amiphy: http://www.amiphy.org/

[28]e-phyhttp://e-phy.agriculture.gouv.fr/

Le deuxième niveau est l'exploitation agricole calculé en faisant la somme des IRSA-culture pondérée par la surface cultivée.

Le troisième niveau est représenté par le poids de chaque système de culture au niveau du bassin versant en pondérant IRSA_exploitation par l'effectif des agriculteurs du système de culture-type au niveau du bassin versant.

3. Territoire et parties prenantes du jeu de simulation SimPhy

Le jeu SimPhy s'est déroulé au niveau du territoire de la Merja Zerga, représenté par trois composantes principales le milieu physique (type de sol, climat…), les caractéristiques agricoles (surface, productions, matériels,…) et les parties prenantes: d'une part l'État qui met en œuvre l'application des différentes règlementations, notamment une réduction de l'utilisation des pesticides, d'autre part, les agriculteurs qui doivent gérer leur exploitation agricole et enfin, les professionnels de la distribution des productions agricoles sur le marché local ou international. Chaque joueur doit gérer une exploitation type (Figure 19).

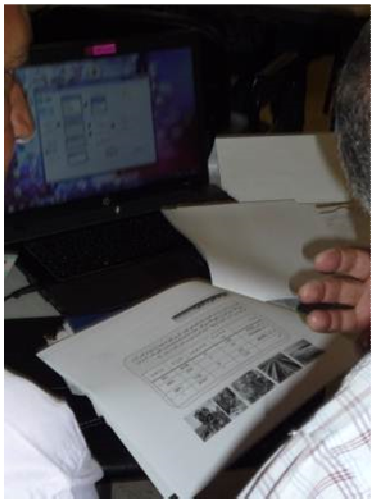


Figure 19 : Techniciens d'un CDA lors du jeu SimPhy (Réalisation : Marjorie le Bars, 2012)

Deux joueurs peuvent avoir une exploitation basée sur un même système de culture, ce qui permet d'analyser les perceptions de l'espace par les acteurs en étudiant leur choix individuel. Les joueurs sont amenés à décider des assolements et des itinéraires techniques en fonction du type d'année de pression phytosanitaire (en fonction du climat), des activités de production, et des prix du marché à partir des rendements et des impacts des phytosanitaires sur la santé humaine.

Chaque système de culture dispose d'un certain nombre d'assolements possibles et pour chaque assolement trois types d'itinéraires techniques peuvent être appliqués : itinéraire technique à bas intrants (IK 1), itinéraire technique à moyens intrants (IK 2) et itinéraire technique à forts intrants (IK 3) (annexe 2). Sachant que selon le niveau climatique de pression phytosanitaire les rendements seront différents selon les ITK, et qu'en fonction des quantités produites au niveau régional, le prix varie (annexe 3). Le tableau ci-dessous

(Tableau 11) illustre un exemple de variation des prix de vente de quelques types de produits agricoles (annexe 4).

Tableau 11. Exemple d'abaques[29] de prix de vente des produits agricoles suivant la production

Culture	Variation des Prix	150%	100%	80%	60%	30%
	Production 2012 (en tonnes)	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes
Blé tendre	12500	0 6000	6001 - 12500	12501-14000	12501- 18000	> 18000
Blé dur	7600	0- 3500	3501-8000	8001-12000	12001 - 16000	>16000
Tournesol	7500	0-3500	3501-8000	8001-12000	12001 - 16000	>16000
Banane	70000	0-35000	35001-70000	70001-100000	100001-140000	>140000
Pomme de terre	75000	0-40000	40001-80000	80001-120000	120001-160000	>160000

Source : Travail Ayadi H., 2012

Ces abaques ont été construits suite au cadrage des données du jeu SimPhy par un modèle d'optimisation maximisant la marge brute au niveau du bassin versant sous contraintes de marché, de pression et de toxicité phytosanitaire. L'objectif de la conception de ce modèle linéaire n'est pas de chercher une solution optimale mais de délimiter les paramètres de calage du jeu (construction d'abaques).

Pour aider les joueurs à prendre des décisions, un ensemble d'informations est donné : une analyse de la situation initiale de leur exploitation en termes de surface disponible, les charges fixes, etc et les différentes pratiques culturales pour chaque culture (coût de la gestion des cultures, le rendement et la marge brute ...) et les effectifs de chaque système de culture type au niveau du bassin versant.

4. Phases du jeu SimPhy et scénarios testés

Le jeu SimPhy a été appliqué sur une durée de cinq campagnes agricoles dont 2011 constitue l'année de référence et 2015 la dernière année du jeu. Il s'est déroulé sur deux phases. Au cours de chaque phase un certain nombre de scénarios ont été testés. L'objectif de cette séance de simulations avec la participation des acteurs du bassin versant de la Merja Zerga est de comprendre le comportement dynamique du système, de comparer des configurations, d'évaluer différentes stratégies de pilotage d'entreprises agricoles et agrosystèmes. Une première phase est jouée au cours d'une période avec l'assolement de référence pour l'initiation des joueurs (Figure 20 et Tableau 12).

[29] . Abaque est un tableau de pondération des prix par rapport à une année de référence (dans cette étude 2012). Les prix sont donnés par classe en pourcentage suivant le type d'années de pression phytosanitaires, les quantité produites en tonnes, l'offre et la demande. Chaque année, les prix sont ajustés par pondération des prix de base de chaque produit agricoles. On considère que tous les produits agricoles ont le même degré de sensibilité afin d'utiliser la même fourchette de pondération. Celle-ci varie de 30 à 150 %.

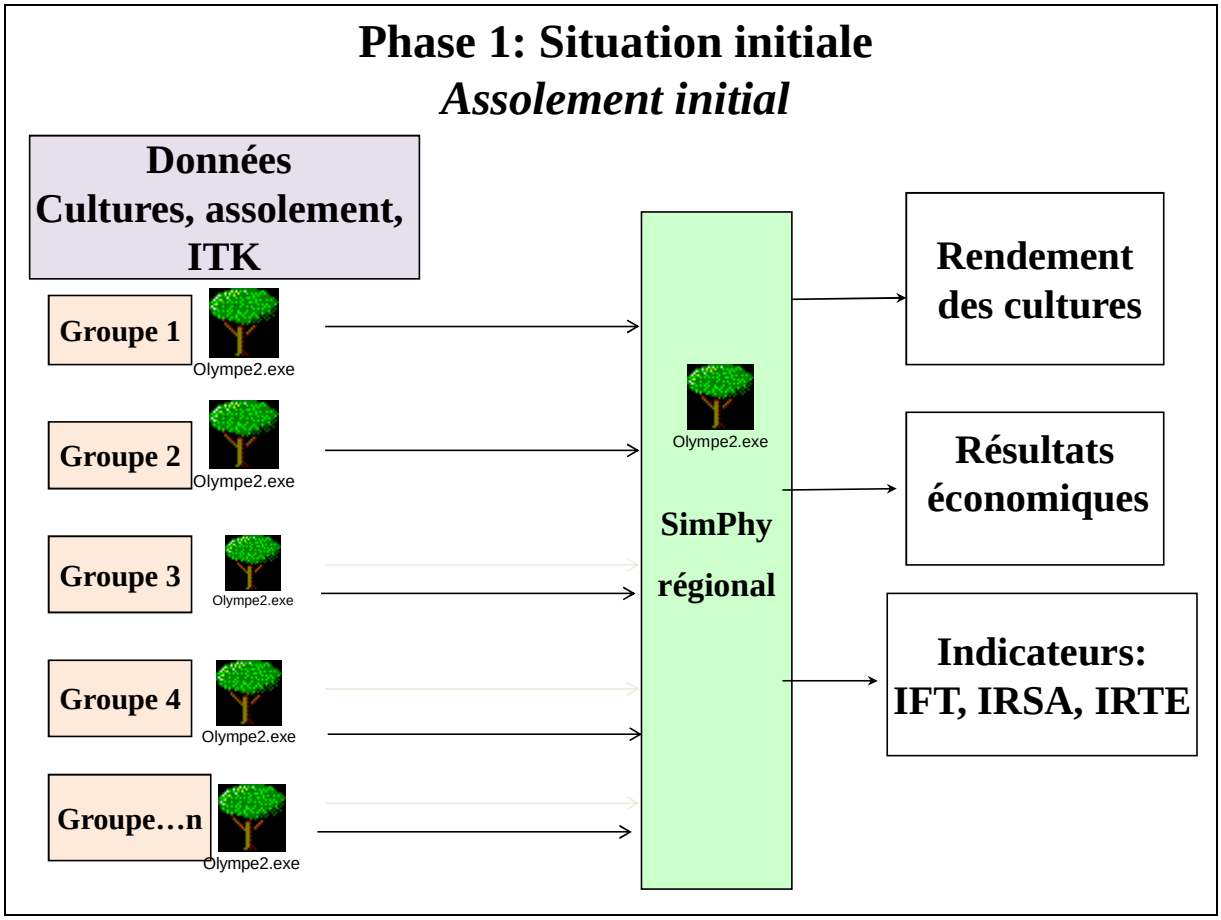


Figure 20. Illustration de la phase 1 pour des simulations de la situation initiale (Réalisation : Ayadi H., 2012)

La deuxième phase est composée de trois périodes de jeu (Figure 21). La gestion des exploitations est faite aussi individuellement sans concertation entre les joueurs et sous contraintes de réglementations (réduction de la pression et de la toxicité des phytosanitaires). Au cours des campagnes agricoles, sous des années de pressions phytosanitaires normales (même que l'année de référence 2011) trois scénarios ont été testés (Tableau 12) :

- Scénario 1 : maximisation de la marge brute sous contraintes (réduction de 20% de l'IFT et de 20% IRSA) (2012).
- Scénario 2 : maximisation de la marge brute sous contraintes de réglementation (réduction de 40% de l'IFT et de 20% IRSA) et (2013).
- Scénario 3 : maximisation de la marge brute sous contraintes de réglementation (réduction de 40% de l'IFT et de 40% IRSA) (2014).

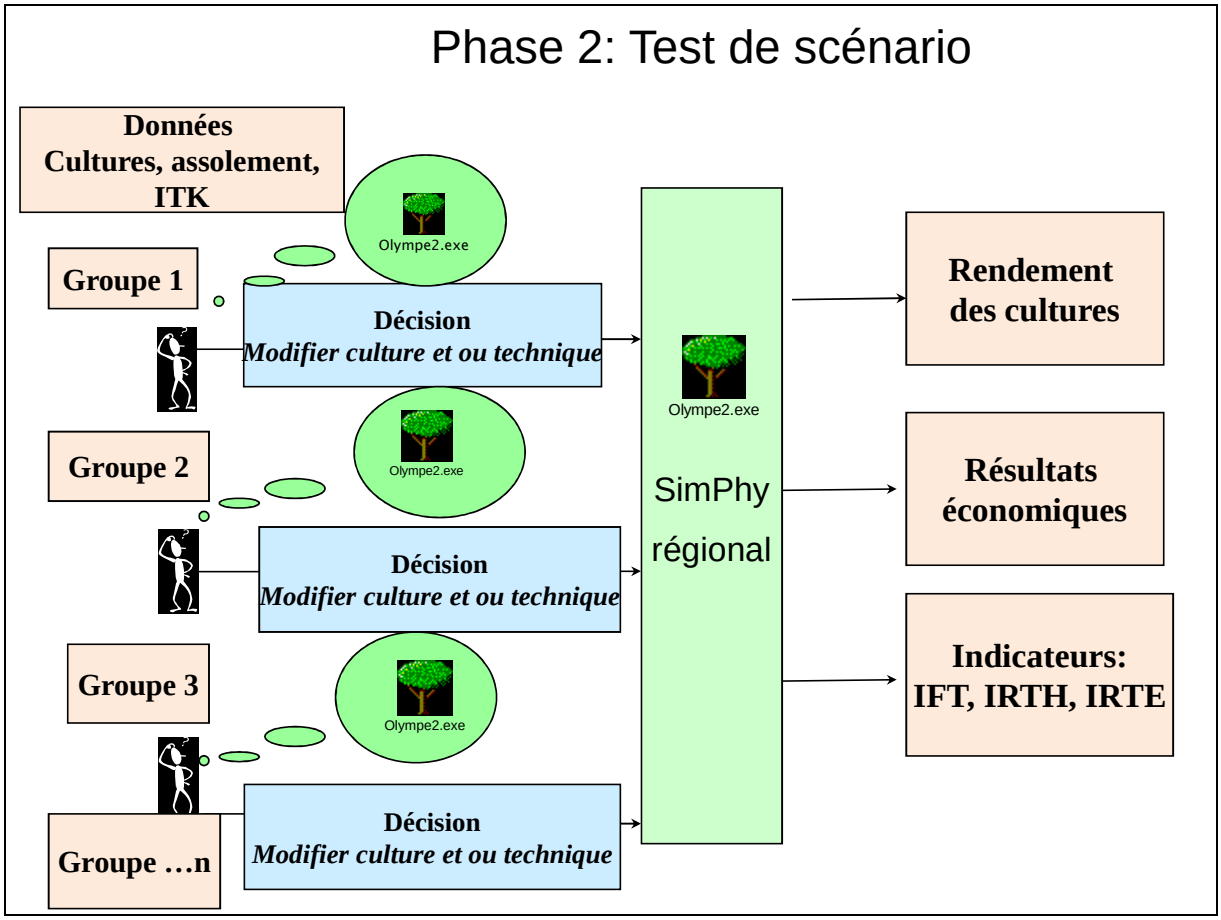


Figure 21. Illustration de la phase 2 pour des simulations de tests de scénarii (Réalisation : Ayadi H., 2012)

Une troisième phase a été consacrée pour tester les objectifs du Plan Maroc Vert où un quatrième scénario a été testé (Tableau 11).

Scénario 4 : assolements pour répondre aux objectifs du Plan Maroc Vert: Augmentation de la production de certaines cultures afin de satisfaire les besoins du Maroc:

- la production du lait par augmentation de la production du maïs fourrage ;
- l'augmentation de 47% de la production du sucre par encouragement de la production de canne à sucre et utilisation des itinéraires les plus intensifs.

À la fin de chaque période du jeu, une analyse des conséquences des décisions des agriculteurs (les joueurs) sur les rendements, les marges et les IRTE a été établie et présenter aux joueurs avec le passage à la période suivante (Tableau 12).

Tableau 12. Récapitulatif des Scénarii du jeu SimPhy au niveau du territoire de la Merja Zerga

Scénario		**Indicateurs**	
		IFT	IRSA
0	Situation initiale	référence	référence
1		Diminution de 20%	Diminution de 20%
2		Diminution de 40%	Diminution de 20%
3		Diminution 40%	Diminution 40%
4		Réalisation des objectifs du Plan Maroc Vert	

Source : Jeu SimPhy, Ayadi H., 2012

Pour l'amélioration et la validation des modèles du jeu et des scénarios à tester, deux séances de simulations ont été organisées : une séance avec les étudiants d'un master 2 à l'Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier (IAMM) en France et une séance avec les élèves ingénieurs de cinquième année à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II au Maroc (IAV Hassan II). Lors de chacune séance de validation chaque étudiant a joué le rôle d'un agriculteur qui gère une exploitation agricole type. Chaque joueur avait les outils et les informations nécessaires. Au cours de chaque séance les quatre scénarios sont joués. À la fin de chaque période du jour les résultats du scénario testé sont analysés et discutés avec les étudiants afin de voir leur réaction et commentaires, ainsi que leur niveau de compréhension. Ces deux séances de simulations ont permis à l'équipe du projet TRam de repérer les erreurs au niveau des modèles et aussi de prendre du recul et d'avoir un regard critique sur la méthode en général. Elles ont aussi servi comme outil pédagogique pour l'enseignement.

Conclusion du chapitre VI

L'objectif assigné à ce chapitre est de concevoir un jeu de simulation intitulé « SimPhy ». Lors de la construction de SimPhy deux éléments ont été prisent en considération : la participation des acteurs locaux et la généricité du modèle du jeu. La participation des acteurs locaux dans la construction leur a permis de l'approprier. La généricité du jeu le rend transférables à d'autres territoires.

Pour la conception de SimPhy, nous avons utilisé de manière conjointe et interactive les fonctionnalités des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG), des indicateurs agri-environnementaux (IFT, IRSA et IRTE) et d'un modèle technico-économique « Merja_Phytos » fondée sur le couplage de modèles. Le simulateur permet d'évaluer la pertinence de ces adaptations individuelles au niveau contexte et leurs conséquences au niveau régional. L'utilisation du modèle conceptuel du territoire par les acteurs en situation virtuelle pour faire des choix stratégiques permet de révéler non seulement les comportements individuels mais aussi les interactions entre acteurs. De plus, les séances collectives de

simulation doivent permettent de tester différents scénarios d'évolution du système et les conséquences à l'échelle du bassin versant et de discuter des résultats obtenus. Cette approche basée sur la modélisation participative via un jeu de simulation permettra d'atteindre notre objectif concernant la mise en place de stratégie de gestion concertée des conséquences de l'agriculture intensive et, en particulier, la façon d'évaluer l'impact des produits phytosanitaires sur la santé humaine et l'environnement.

CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE

UNE METHODE D'EVALUATION ET D'AIDE À LA DECISION DES PARTIES PRENANTES AU NIVEAU D'UN TERRITOIRE AGRICOLE

Dans la gestion concertée d'une problématique environnementale la construction d'une méthodologie adéquate est une étape indispensable Pour la gestion de la pollution phytosanitaire diffuse nous avons conçu une méthode générique. Celle-ci a consisté en un choix du territoire d'étude suivant des critères physiques, socio-économiques, environnementaux et scientifiques ainsi que le protocole d'acquisition des données pour l'alimentation des outils, la construction d'indicateurs agri-environnementaux (IRSA et IRTE), de la base de données SIG multi-échelles et multicritères et de la base technico-économique « Merja_Phytos » et le développement d'un jeu de simulation « SimPhy ». Ce Travail de construction méthodologique a été un travail interdisciplinaire avec la participation des parties prenantes.

CHOIX DU TERRITOIRE D'ETUDE ET PROTOCOLE D'ACQUISITION DES DONNEES

Dans le cas d'une agriculture méditerranéenne diversifiée et multifonctionnelle gérée par une multitude d'acteurs, le choix du territoire d'étude est une étape primordiale pour justifier de la crédibilité du Travail. Le choix du territoire de la Merja Zerga est basé sur les caractéristiques socio-économiques, environnementales et scientifiques. Il s'agit d'un territoire qui génère des revenus pour la population locale (agriculture diversifiée, pêche, chasse, tourisme). Il héberge une lagune classée patrimoine mondiale de l'humanité. En revanche, elle est très touchée par la pollution phytosanitaire diffuse d'origine agricole. Les pratiques phytosanitaires constituent l'une des modalités d'intervention des exploitations sur la gestion de l'environnement et constituent ainsi l'un des passages obligés pour comprendre la relation entre organisation spatiale des activités agricoles et impacts de la pollution phytosanitaire diffuse sur la santé humaine et l'environnement. Sur le plan scientifique, Les procédures de collecte des données par enquêtes et l'observation de terrain s'inspirent des méthodes de l'agronomie et de la géographie.

CONSTRUCTION DES INDICATEURS AGRI-ENVIRONNEMENTAUX, D'UNE BASE DE DONNEES MULTI-ECHELLES ET MULTICRITERES ET D'UNE BASE TECHNICO-ECONOMIQUE

La construction des indicateurs de risques permet de pallier au manque d'indicateurs qui considère le territoire dans sa globalité et ses particularités liées à son milieu naturel. La formulation des données sur les pratiques phytosanitaires sous forme d'indicateurs de pression (IFT) et de risque de toxicité humaine (IRSA) et environnementale (IRTE) est un moyen pour mettre en relation les pratiques phytosanitaires et les impacts négatifs pour la santé de l'applicateur et l'environnement.

La caractérisation du milieu naturel par une base de données SIG vise d'une part à délimiter l'unité spatiale adéquate au diagnostic de la pollution phytosanitaire diffuse et d'autre part à mettre en relation les données relatives à l'usage des pesticides, et notamment les indicateurs

de pression et de risques de toxicité humaine et environnementale avec un ensemble de déterminants potentiels. D'une manière générale, les analyses spatiales permettent une évaluation du rôle joué par l'espace dans la distribution des IFT, des IRSA et des IRTE.

CONSTRUCTION D'UN JEU DE SIMULATION AVEC LA PARTICIPATION DES PARTIES PRENANTES

Pour la conception du jeu de simulation SimPhy, nous avons utilisé d'une manière conjointe et interactive les fonctionnalités des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG), des indicateurs agri-environnementaux (IFT, IRSA et IRTE) et d'un modèle technico-économique « Merja_Phytos », fondé sur le couplage de modèles. Cet outil permet d'évaluer la pertinence des adaptations individuelles à un nouveau contexte (par exemple une politique de réduction de l'usage des phytosanitaires) et leurs conséquences au niveau du territoire. L'utilisation de modèle conceptuel du territoire par les acteurs en situation virtuelle pour faire des choix stratégiques permet de révéler non seulement les comportements individuels mais aussi les interactions entre acteurs. Cette approche, basée sur la modélisation participative via un jeu de simulation et l'évaluation indirecte par des indicateurs, permet d'atteindre notre objectif concernant la mise en place de stratégies de gestion concertée des conséquences de l'agriculture intensive et, en particulier, la façon d'évaluer l'impact des produits phytosanitaires sur la santé de l'applicateur et l'environnement.

PARTIE III. UNE EXPERIENCE DE CO-CONSTRUCTION D'UN MODELE TERRITORIAL ET SON UTILISATION DANS UNE DEMARCHE PARTICIPATIVE POUR FAIRE EMERGER DES STRATEGIES DE GESTION ET D'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE.

INTRODUCTION DE LA TROISIEME PARTIE

La question de l'importance du territoire dans la mise en œuvre des pratiques phytosanitaires résonne de façon particulière dans le contexte d'une zone Ramsar. La situation statutaire et géographique du territoire de la Merja Zerga impose en effet une série de questionnements sur la place de l'activité agricole et de ses modalités d'action sur l'environnement et la lagune.

Trois hypothèses afférentes aux particularités du territoire de la Merja Zerga conduisent notre réflexion sur la recherche des déterminants des pratiques phytosanitaires et le test des outils d'aide à la décision et d'évaluation d'une politique donnée pour une gestion concertée de la pollution phytosanitaire diffuse :

- Les caractéristiques du milieu naturel du territoire de la Merja Zerga. Ces caractéristiques naturelles découvertes au début du 20e siècle ont fait du lieu une des premières zones agricoles du Maroc. Elles définissent la répartition spatiale des orientations culturales et des pratiques phytosanitaires.
- L'inscription multi-territoriale au sein du bassin hydraulique de Sebou des zones actions de la DREF et des ORMVA du Gharb et du Loukkos de la Merja Zerga et la multiplicité des acteurs constitue une source de conflits de gestion de l'espace.
- La politique agricole nationale mise en place par le biais du Plan Maroc Vert intervient dans les choix tactiques et stratégiques des exploitants ; Cette politique vise une autosuffisance en certains produits agricoles (sucre, lait…).

Nous essaierons de voir si ces facteurs conditionnent fortement la pollution phytosanitaire diffuse. Là encore, il nous faudra voir, les analyser selon les niveaux d'organisation du bassin versant à la parcelle culturale, comment ces facteurs interviennent dans les choix des productions ? À l'échelle de l'exploitation, comment se répercutent ces choix dans l'organisation du travail ? À l'échelle de la parcelle, la sensibilité environnementale joue-t-elle un rôle majeur ? Ainsi l'analyse des niveaux d'organisation différents est-elle pertinente ? J. Bonnamour insiste sur la nécessité d'une analyse multi-échelle (Bonnamour 1993).

Afin de répondre à ces questions, dans le cadre d'une démarche participative de co-construction d'un modèle territorial, nous allons essayer de comprendre comment le territoire est un révélateur et déterminant des pratiques phytosanitaires avec des conséquences environnementales sur l'agriculteur et les écosystèmes et de faire émerger des stratégies de gestion concertée. Le diagnostic suit une logique descendante : du territoire bassin versant au territoire de la parcelle culturale. Par la prise en compte de l'emboîtement de ces niveaux et de l'intégration des niveaux inférieurs dans les niveaux supérieurs, nous chercherons à identifier avec précision les déterminants et à observer la façon dont ils interviennent à chaque niveau. Cette approche que nous exploitons dans cette partie est structurée en quarte chapitre.

Le **chapitre VII** est consacré à l'analyse descriptive du territoire de la Merja Zerga. Le résultat du travail de SIG, de l'analyse bibliographique et des entretiens auprès des agents de l'ORMVA ont permis de dégager certains thèmes majeurs. Ceux-ci sont repris à travers une analyse du contexte régional du Gharb et du bassin versant de la Merja Zerga. De l'analyse des caractéristiques du milieu naturel (réseau hydrographique, types de sols, géologie, bioclimat) et des acteurs qui interfèrent au niveau du territoire nous avons pu développer un point de vue sur l'importance de certains de ces thèmes. Nous avons pu analyser le système rural de la Merja Zerga. Structure et gestion de l'espace étudié sont décrits tout au long du

chapitre. Les contraintes naturelles, spatiales, administratives, foncières et sociales sont ainsi mises en valeur. Le SIG est utilisé pour la réalisation de plusieurs analyses spatiales.

Le niveau de l'exploitation est plus précisément analysé dans le **chapitre VIII**. Les relations des exploitants à l'environnement (dans le sens large du terme), l'inscription spatiale et l'organisation interne de leur exploitation constituent les trois lignes directrices du chapitre. Il faut y voir alors une traduction, à l'échelle de l'exploitation de la gestion d'un territoire. Nous montrons donc dans un premier temps comment les la structure et le mode de faire -valoir, influent sur les modalités d'organisation interne des exploitations (choix des orientations culturales et des systèmes de cultures). L'analyse des fonctionnements nous permet d'approfondir notre compréhension de la distribution des orientations culturales et des systèmes de cultures. Une typologie est présentée en fin de chapitre, qui formalise la diversité des logiques de gestion de l'espace des exploitations. La modélisation technico-économique et le SIG occupent une place prépondérante dans ce chapitre en aidant à définir les types de fonctionnement spatial des exploitations.

Le **chapitre IX** aborde directement les pratiques phytosanitaires, dans le détail des espèces végétales, dans les comportements différenciés des agriculteurs et dans leurs conséquences sur la santé de l'applicateur et son environnement. Le lien est fait dans ce chapitre entre organisation spatiale des activités agricoles et pollution phytosanitaire diffuse par le biais des indicateurs de pression et des indicateurs de risques de toxicité humaine et environnementale.

La formalisation et l'exploration des modalités d'une politique de réduction des risques liés aux phytosanitaires et de la politique agricole en vigueur sont effectuées au **chapitre X**. Des réponses sont ainsi offertes concernant le territoire et les outils pour une gestion concertée de la pollution phytosanitaire diffuse.

CHAPITRE VII

LE TERRITOIRE DE LA MERJA ZERGA : UN SYSTEME AGRICOLE COMPLEXE

Depuis le début du siècle dernier, l'activité agricole apparaît comme l'élément révélateur du de la région du Gharb-Chrarda-Bni-Hssen en général et du territoire de la Merja Zerga en particulier mais aussi l'une des principale source de dégradation de son environnement. Le territoire est convoité pour la richesse et la qualité de son milieu naturel propice à l'agriculture. Les données sur les conditions naturelles et son milieu socio-économique sont essentielles à la compréhension de l'organisation spatiale des activités agricoles. Se pose alors la question de la logique de mise en place et d'organisation des activités agricoles qui doit nous amener à identifier les déterminants actuels de cette organisation territoriale. Comment les conditions naturelles et socio-économiques construisent-elles l'agriculture actuelle du territoire de la Merja Zerga ? De quelle façon ces conditions générales orientent-elles les spécificités de l'agriculture dans chaque partie du territoire de la Merja Zerga, qualitativement, quantitativement et spatialement ? Comment les activités agricoles sont-elles définies, construites par les contraintes naturelles et l'évolution sociale et dans quelle mesure il est possible de définir une "marge de manœuvre" des pratiques phytosanitaires ?

Analysées selon trois points de vue sur l'espace (structuré, géré et perçu), les données sur les conditions naturelles et socio-économiques doivent nous permettre de répondre à ces questions. Nous souhaitons à travers ces réflexions, fruits de travail de cartographie et d'échange avec les acteurs locaux (agriculteurs et agents des ORMVA du Gharb et du Loukkos), mettre en exergue les grands traits du territoire et de l'organisation des activités agricoles. Ces grands traits sont en effet autant des facteurs de différenciations spatiales et stratégiques susceptibles d'induire des modes de fonctionnements d'exploitations, et plus précisément des pratiques agricoles et phytosanitaires différentes en fonction de la localisation géographique et de la perception de l'environnement, ils en constituent le cadre. Notre hypothèse est finalement que le bassin versant est l'unité globale porteuse du territoire et que le milieu naturel et socio-économique de l'agriculture de la Merja Zerga conditionnent fortement la répartition des activités agricoles et la propension à polluer, pour trois principales raisons que nous analysons successivement. Dans une première section nous montrerons que le bassin versant est l'unité globale porteuse du territoire, adéquate pour une gestion concertée de la pollution phytosanitaire diffuse.

Dans une seconde section, nous montrons dans quelle mesure la structure de l'espace naturel et hydro-agricole génèrent des activités agricoles et phytosanitaire de façon hétérogène sur la surface du bassin versant. Dans la dernière section, nous montrons que ces activités agricoles définies par l'inscription multi-territoriale ont engendré une agriculture duale. Cette situation paradoxale soulève les questions du rapport à l'espace et à l'environnement.

1. Délimitation du territoire de diagnostic de la pollution phytosanitaire diffuse : le bassin versant ?

La définition de l'unité géographique pertinente par rapport à l'enjeu sur l'eau impose un choix entre le bassin hydrographique (eaux superficielles) et le bassin hydrogéologique (eaux

souterraines) (CORPEN 1996). Dans le cas de notre étude, nous nous intéressons à une masse d'eau de surface à intérêt international, classé patrimoine mondial Ramsar, la lagune de la « Merja Zerga ». De ce fait, nous avons opté pour le bassin versant hydrographique intitulé « bassin versant de la Merja Zerga ». Le choix de ce nom est dû au fait que la lagune constitue l'exutoire drainant le bassin versant situé en amont.

Le travail de délimitation a débuté par des investigations d'études hydrologiques et hydrogéologiques et de terrain, ainsi que des consultations auprès des organismes référents (Universités, organismes de recherche, ORMVA, Agence de bassin hydraulique (ABH), DREF,…) et fait des investigations de terrain.

Nos études bibliographiques et nos investigations auprès des acteurs de gestion de la Merja Zerga et de l'eau agricole (ORMVA), ont prouvé l'inexistence de carte du tracé de bassin versant hydrographique dont la Merja constitue l'exutoire, d'où notre travail de construction du tracé de ce bassin versant.

Afin de disposer d'une base de travail solide, la délimitation du tracé du bassin versant de la Zerga a eu lieu en plusieurs étapes :

- Un premier tracé A de la ligne des crêtes est obtenu à partir du modèle numérique de terrain (MNT) de la région biogéographique du Gharb-Chrarda-Bni-Hsin. Ce tracé est projeté en3D sous Arc Scène 10 de ESRI (Figure 22). Ce premier tracé A couvre une surface de l'ordre de 10599 km^2.

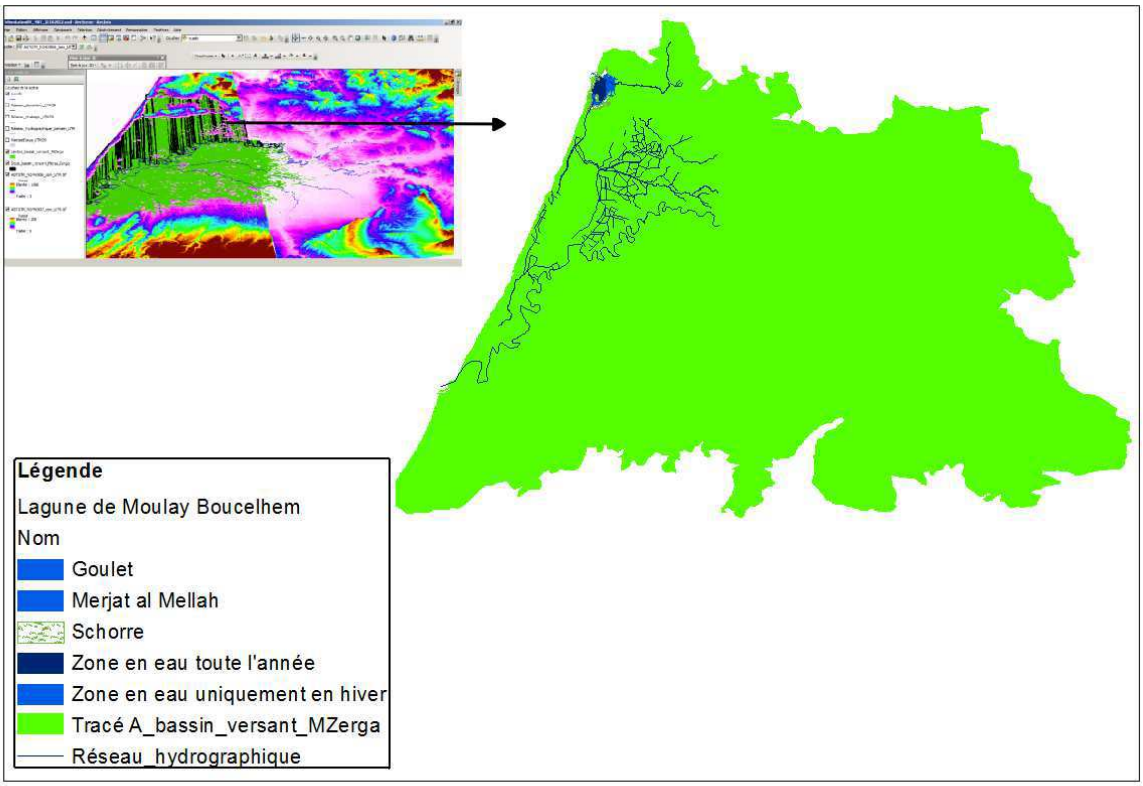


Figure 22. Tracé A du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2011)

L'immensité du territoire issue de la première délimitation nous a poussé à approfondir l'analyse spatiale des données. L'analyse 2D et 3D des pentes et des expositions et du réseau hydrographique ont montré que ce tracé A couvre des zones qui ne se drainent pas dans la Merja Zerga. Cette erreur de délimitation est due à la faible résolution du MNT (30 m de résolution horizontale). Il est à préciser que les sens des écoulements dans cette partie basse du Gharb sont déterminés par des dénivelés de l'ordre de 0 à 1 m ; l'oued Sebou fait d'ailleurs beaucoup de méandres, vu le caractère presque plat de la plaine avant de se jeter dans l'océan atlantique à son embouchure près de Kénitra. En se basant sur ces nouvelles informations topographiques et hydrographiques, des modifications ont été fait sur le tracé A pour obtenir un deuxième tracé B (Figure 23). Le tracé B couvre est superficie de 1514 Km^2.

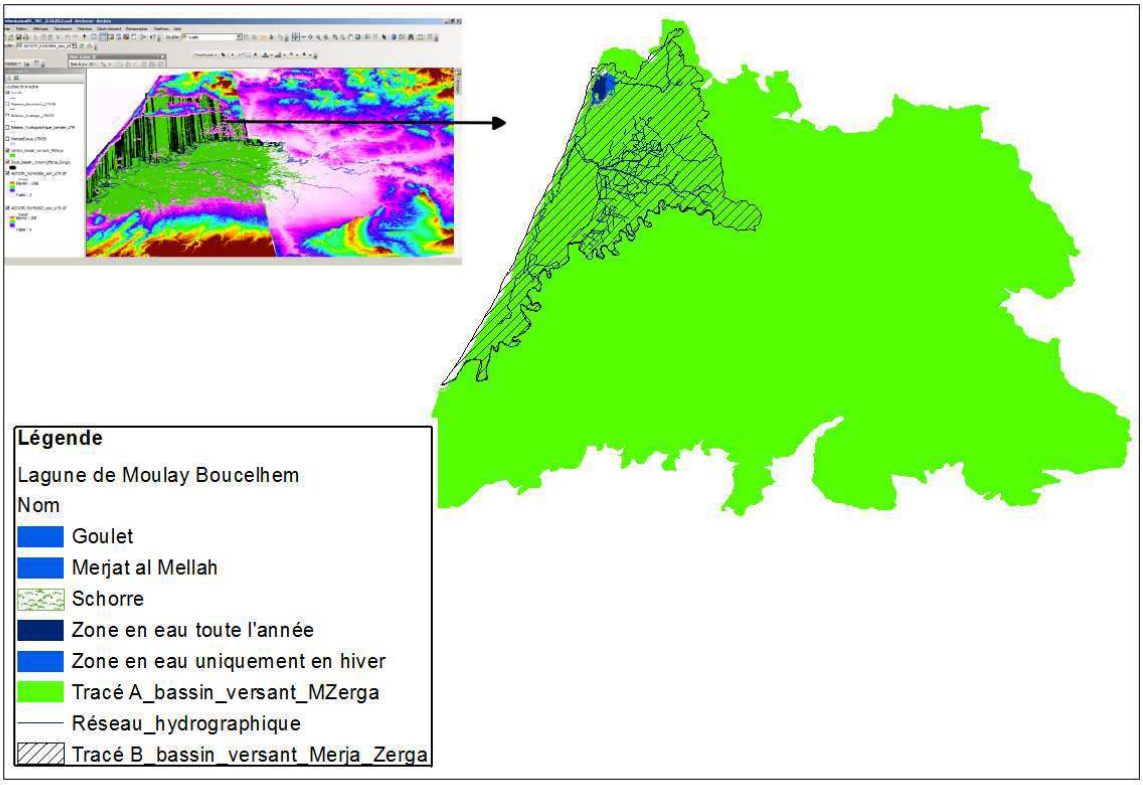


Figure 23. Tracé B du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2011)

La construction d'un tracé du bassin versant de la Merja Zerga est un travail qui se réalise pour la première fois. Pour son acceptation, une validation terrain s'est imposée. Pour cette fin un comité de validation a été constitué. Elle a été composée de professeurs de génie rural et de pédologie de IAV Hassan II et d'ingénieurs et techniciens des ORMVA du Gharb et du Loukkos. La présentation du tracé B à ce comité de validation s'est traduite par des demandes de modifications des frontières « est » et « sud » du tracé. La partie sud du bassin versant est caractérisée par une pente très faible. Des aménagements d'assainissements ont été construits pour assurer le drainage artificiel de cette zone du bassin versant dont une station de pompage au niveau de la commune d'Allal Tazi. Cette station permet de drainer une partie artificiellement vers le Sebou. Cette zone fait partie de la zone de grande hydraulique où des fossés de drainages ont été creusés pour drainer le secteur C1, CNT et le moitié du secteur C2

vers l'oued Sebou. Ces informations fournies et les suggestions des acteurs de terrain et du comité de pilotage, ainsi que les visites des terrains ont permis d'affiner les limites du bassin versant illustré par le tracé B et l'aboutissement à un troisième tracé C du bassin versant de la Merja Zerga. La carte finale de délimitation du bassin versant, obtenue à partir de ces analyses, est présentée ci-dessous (Figure 24). La surface du tracé C du bassin versant calculée est de l'ordre de **914 km²**.

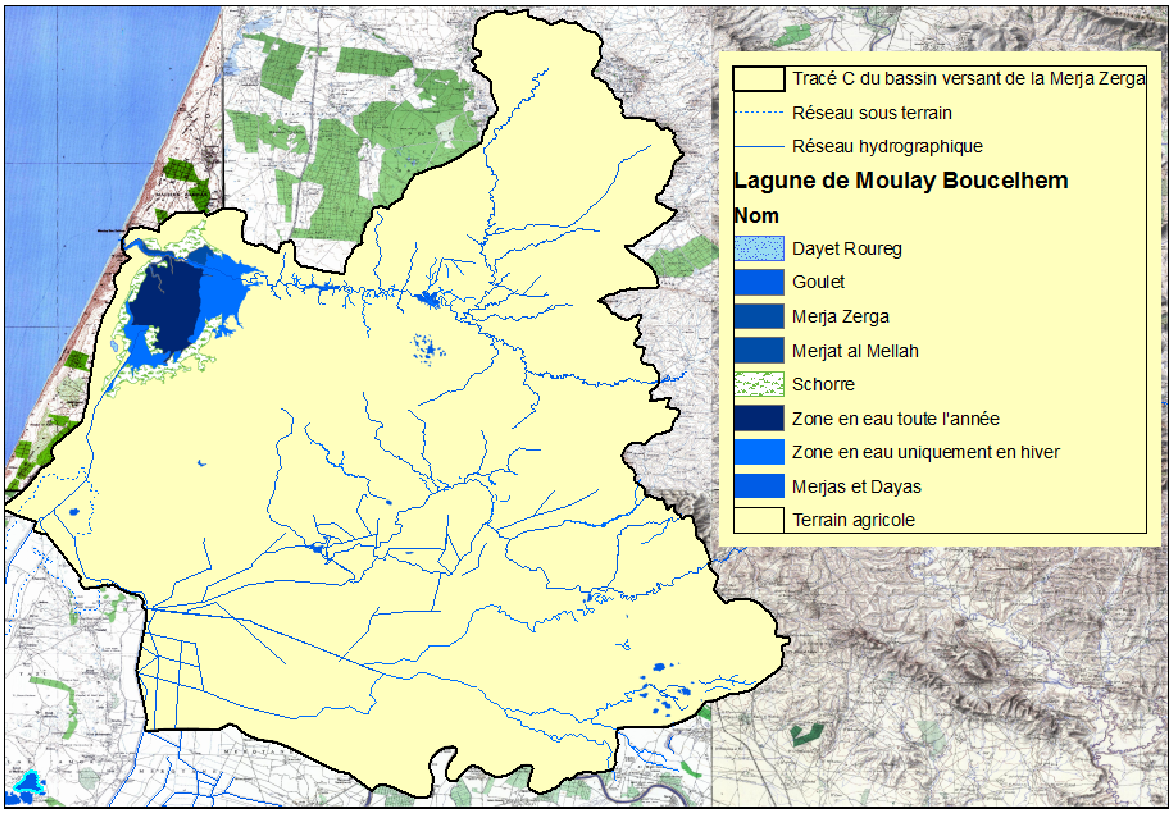


Figure 24. Tracé C du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2011)

En prenant en compte le tracé C du bassin versant de la Merja Zerga, ont été étudiés plus particulièrement : le milieu physique, l'occupation du sol et les motivations des agriculteurs.

2. Espace structuré par des conditions naturelles et des aménagements hydro-agricoles

L'espace structuré du territoire de la Merja Zerga est caractérisé par une unité spatiale : le bassin versant où se déroulent les processus et interfèrent différents mécanismes de la pollution phytosanitaire diffuse. Cet espace est structuré par la topographie, le réseau hydrographique et géo-hydrographique et les éléments conditionnant les types de sols influençant la variabilité spatiale des cultures et la mobilité des composés phytosanitaires, en influençant la variabilité spatiale des conditions climatiques de la zone, le relief induit par ailleurs une différenciation spatiale des contraintes dues à l'humidité.

2.1 Caractérisation du milieu naturel

L'étude de la répartition des cultures agricoles et le diagnostic de la contamination du milieu naturel par les produits phytosanitaires nécessite une analyse et des connaissances de :

- La topographie de la zone d'étude caractéristique du milieu naturel qui conditionne fortement les écoulements et la mobilité des phytosanitaires ;
- Le réseau hydrographique vecteur de transfert des matières actives entre les parcelles culturales et vers la Merja Zerga ;
- Les caractéristiques de la nappe ;
- Les caractéristiques pédologiques des terrains agricoles,
- Les caractéristiques du sous-sol et substrum, des facteurs qui conditionnent les transferts verticaux des phytosanitaires vers les nappes souterraines ;
- les caractéristiques du climat et des bioclimats du territoire.

2.1.1 Action directe de la topographie sur les écoulements et la mobilité des phytosanitaires

L'analyse spatiale en 2D du MNT de la région du Gharb-Chrarda Bni-Hssen montre que le bassin versant de la Merja Zerga présente des altitudes au-dessous de 0 m (niveau de l'atlantique) sur une grande partie (Figure 25). Il s'agit des dépressions et des zones desséchées pour la mise en culture. Le reste du bassin présente des altitudes variant de 130 m au point le plus haut sur la commune de Sidi Boubaker El Haj et 0 m sur la plaine centrale. Il présente des terrains très plats dans la partie basse de la zone d'étude. Une légère élévation au niveau de la commune de Sidi Mohamed Lahmar de l'ordre de 60 m subdivise le bassin versant en deux sous bassins versant : le sous bassin versant d'oued Drader (ORMVA du Loukkos) et celui de la partie nord de la plaine du Sebou (ORMVA du Gharb).

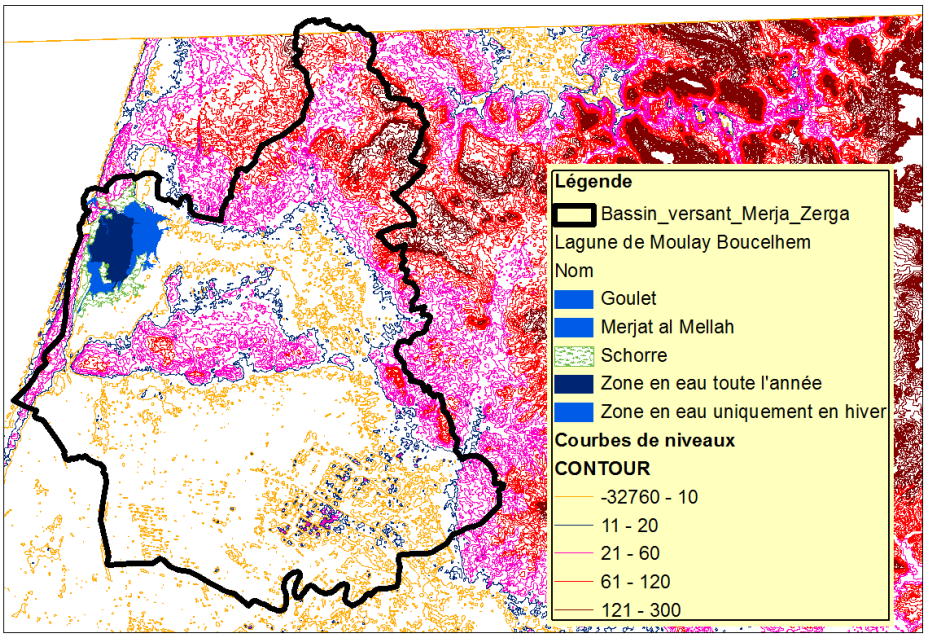


Figure 25. Altitudes du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation, Ayadi H., 2012)

Les pentes du bassin versant ne sont fortes qu'en de rares endroits : 1 % de la zone seulement concentre des pentes supérieures à 15%. Ces quelques pentes fortes sont concentrées sur les périphéries du bassin versant et au centre au niveau de la commune de Sidi Mohamed Lahmar. L'essentiel du territoire étudié connaît des pentes faibles, de l'ordre de 0 à 3% (Figure 26).

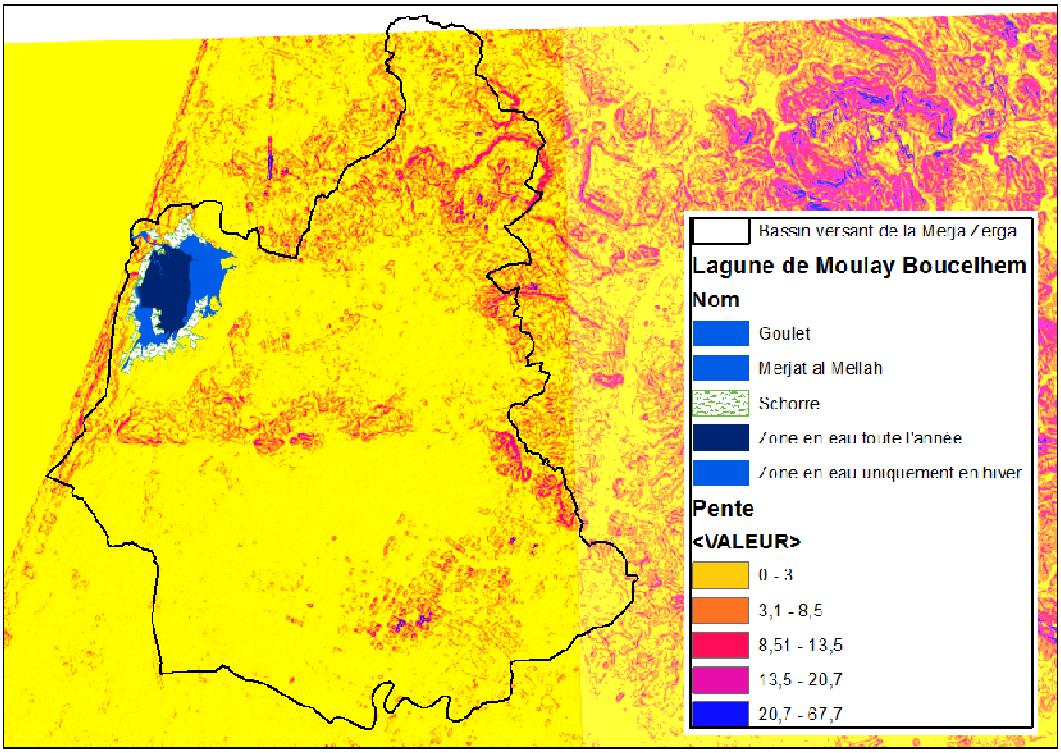


Figure 26. Pente du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2012)

Celles-ci conditionnent la circulation de l'eau et exercent un contrôle direct sur le temps de séjour des eaux à la surface du sol ainsi que sur leur infiltration. Elle peut induire des infiltrations préférentielles en certains points ou dans certaines parties de l'espace (notamment dans les bas de pente) (Castany 1982).

2.1.2 Réseau hydrographique favorisant le transfert des phytosanitaires vers la Merja Zerga

Le réseau hydrographique dont la Merja Zerga constitue l'exutoire est issu d'un travail de SIG par digitalisation des cartes topographiques des zones de Kénitra, Sidi Allal Tazi, Souck Larbâa, Moulay Boucelhem, Région du Loukkos, Machra Bel Ksiri, Lalla Mimouna (Direction de la Conservation Foncière et des Travaux Topographiques division de la Cartographie de Rabat, 1996) et d'analyse spatiale en 3D des expositions issues du modèle numérique de terrain (MNT) de la région du Gharb-Chrarda-Bni-Hssen (Figure 27). Il a aussi fait l'objet d'un travail de validation auprès des acteurs de la gestion de l'eau agricole au niveau du bassin versant de la Merja Zerga.

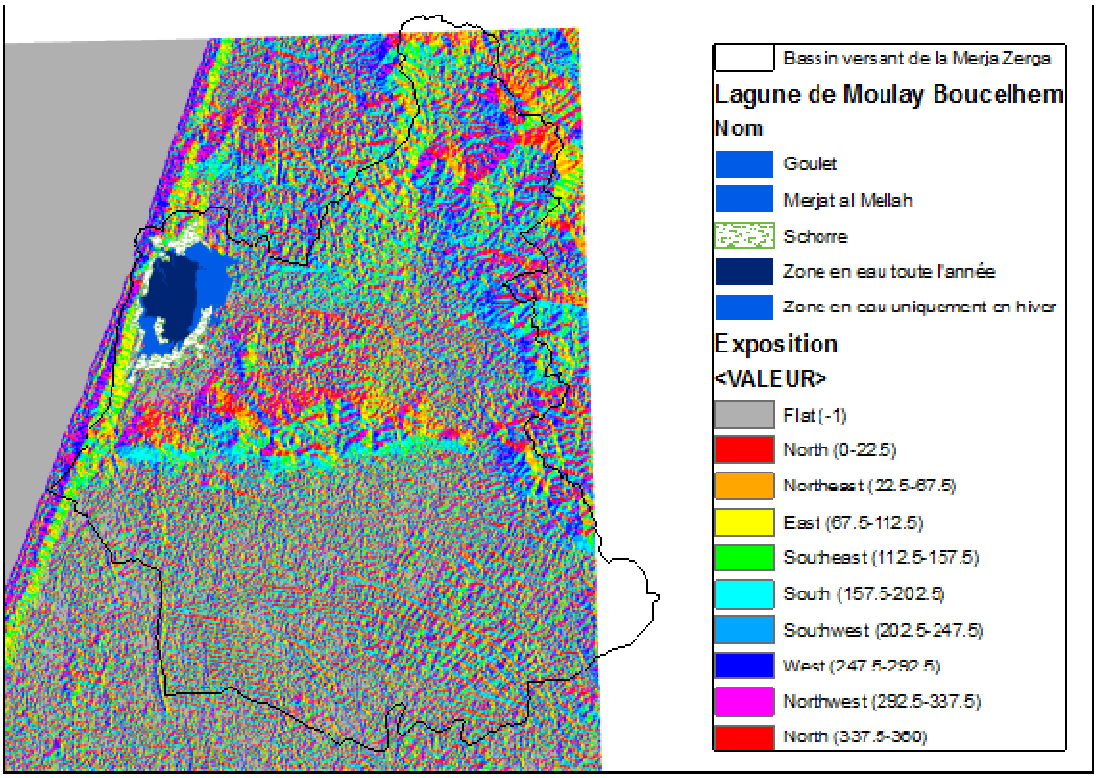


Figure 27. Expositions de surface issues de l'analyse spatiale en 3D du MNT de la région du Gharb-Chrarda-Bni-Hssen (Réalisation : Ayadi H., 2012)

À l'issu de ce travail, nous avons constaté que la Merja Zerga reçoit les eaux du bassin versant par deux voies principales : oued Drader au nord et le canal de Nador au sud.

L'oued Drader draine un sous-bassin versant de 318 km^2 et aboutit dans la Merja Zerga à deux endroits, le premier à l'extrémité du chenal principal alors que le second se termine par un delta dans la partie nord-est de la Merja Zerga. Ces dernières années son débit est fortement affaibli sous l'effet de prélèvement et de pompage d'eau à des fins agricoles (GAM 2008).

Le canal de Nador, grand affluent artificiel débouchant dans la partie sud de la Merja, a été creusé en 1953 avec pour objectif le drainage des eaux des marécages de la région agricole du « Gharb ». Le canal de Nador est alimenté par plusieurs groupes d'assainissement en rive droite du Sebou constitués par le groupe de l'oued Mda, les groupes de Madegh et de la Merja Merktane (ORMVAG 2010).

Le groupe de l'oued Mda prenant naissance dans les collines au Nord et Nord Est de Souck Larbâa. Il reçoit les eaux des oueds Kerouta et Kebir puis celle de l'oued Akehal. Après leur confluence en limite des secteurs N2 et N9, l'oued est calibré et rectifié. Il franchit le seuil du Segmat, prend le nom de Segmat Haut et traverse les zones non équipées de la zone côtière pour rejoint le canal Nador en assurant la jonction avec la Merja Zerga.

Le groupe de Madegh qui collecte les bassins versants des collines situées à l'Est d'une ligne Souk Larbâa Mechra belksiri. Cet oued est calibré sur une partie de son tracé à l'intérieur des secteurs N5 et N4 sous la désignation de canal Harhar puis N3, N2 et N1 ; il est alors désigné par canal Madegh. Il franchit le seuil du Segmat, prend la désignation de Segmat Bas et

traverse les zones non équipées de la zone côtière ; Il rejoint ensuite le canal Nador assurant la jonction à la Merja Zerga. Les canaux Segmat Haut et Segmat Bas sont deux émissaires parallèles mais décalés en altitude. Le Segmat bas assainit des zones plus basses que le Segmat Haut, il est plus profond à l'origine.

Le groupe d'assainissement de la Merja Merktane (désigné par groupe CA-CE-CK), est constitué des fossés primaires d'assainissement des secteurs C1, C2, C3 et C4 (Figure 28). Ce réseau a la particularité d'avoir deux exutoires : le premier est le canal du Segmat Bas où se déversent les eaux d'assainissement des secteurs C2, C3, et C4, le deuxième est un rejet à l'oued Sebou à 1,5 km en aval de Sidi Allal Tazi et dont l'exutoire nécessite un pompage : SP d'exhaure Ouled Khalifa située sur la berge RD du Sebou. Le canal CK assaini le secteur C1 et arrive à cette station de pompage. Les canaux CE et CK forment un ouvrage continu permettant d'évacuer les inondations vers le Segmat et en régime normal (pas de crues, pas d'inondation) l'assèchement de la merja Mektane. Il est à noter que plus de la moitié de cette zone est équipée en réseaux rizicoles.

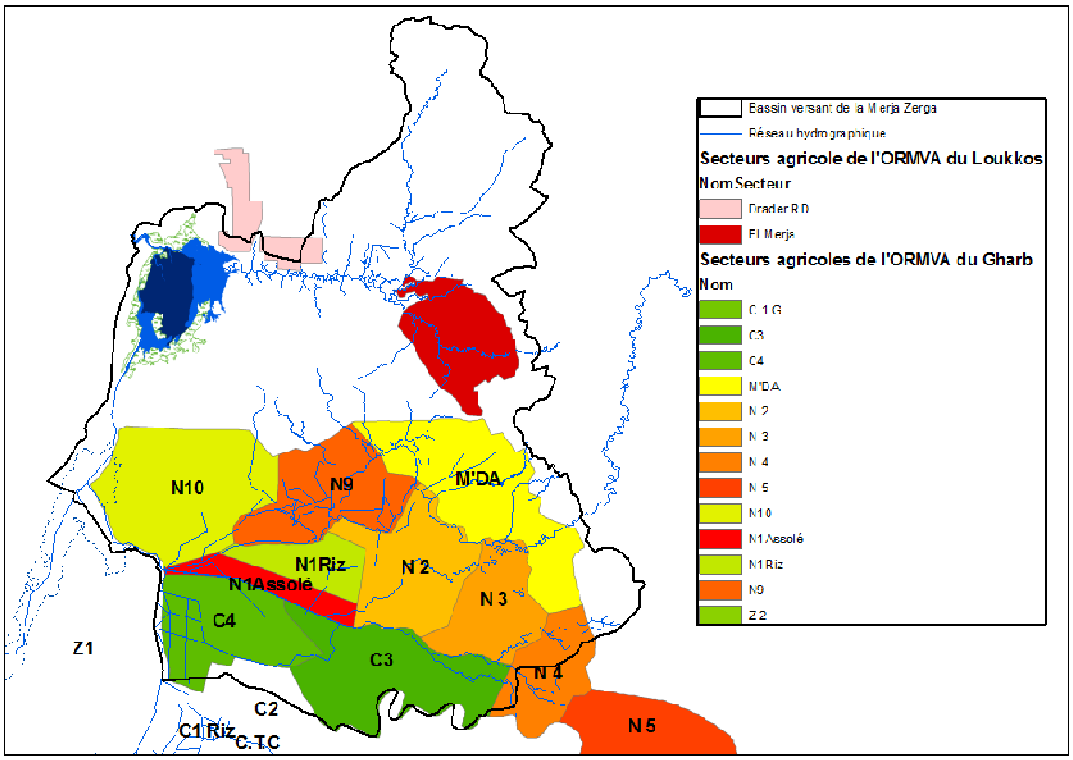


Figure 28. Secteur de gestion de l'eau agricole et leur réseau d'assainissement (Réalisation : Ayadi H., 2012)

Une étude faite par Taky en 2008 sur le mode d'exploitation du réseau d'assainissement a montré qu'il s'agit d'un réseau enchevêtré avec une dépendance fonctionnelle de l'aval vers l'amont, qui est composé des colatures quaternaires qui recueillent les excédents d'eaux au niveau des parcelles des agriculteurs, utilisés pour rejeter les eaux dans les fossés tertiaires. Les fossés tertiaires sont reliés aux fossés secondaires qui constituent aussi les exutoires des eaux de drainage souterrain. Ensuite, les eaux sont véhiculées par les canaux primaires pour rejoindre soit la lagune de Merja Zerga pour la Seconde Tranche d'Irrigation (STI) nord, où l'oued Sebou pour la Première Tranche d'Irrigation (PTI), la STI sud et le périmètre du Beht

(Taky 2008). En se basant sur la carte des directions des écoulements (Figure 29) nous avons découpé le bassin versant en zone morphologique et mico-bassins de drainage.

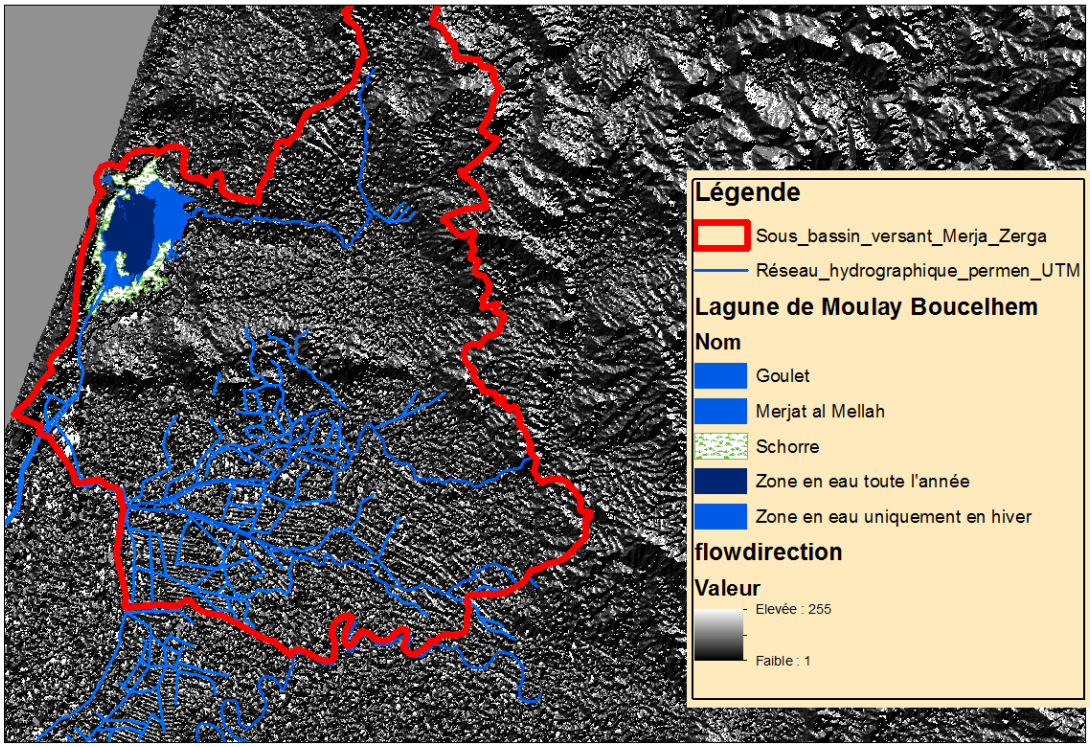


Figure 29. Directions des écoulements du réseau hydrographique du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2011)

Trois zones morphologiques sont issues de ce découpage (Figure 30) :

- La zone de Drader-Souière, qui couvre la zone nord du bassin versant sur une superficie de 279 km^2 ;
- La zone côtière, qui couvre la zone est du bassin versant sur une superficie de 101 km^2 ;
- La zone centrale, qui couvre une partie de la plaine du Gharb sur une superficie de 538 km^2.

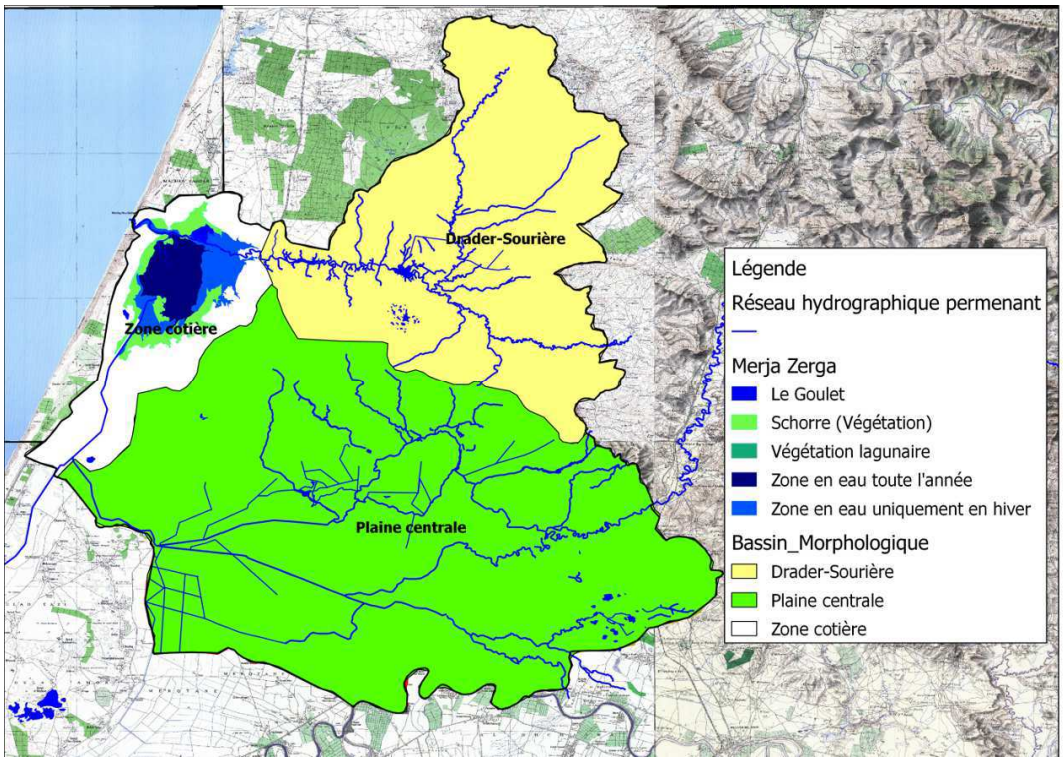


Figure 30. Grandes zones morphologiques du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2012)

Chaque grande zone morphologique a été découpée en mico-bassins par cours d'eau naturel ou artificiel (drain). L'objectif visé de ce travail est la détermination des exutoires secondaires et qui peuvent être des points critiques de pollution. De ce travail, 32 micro-bassins ont été délimités (Figure 31).

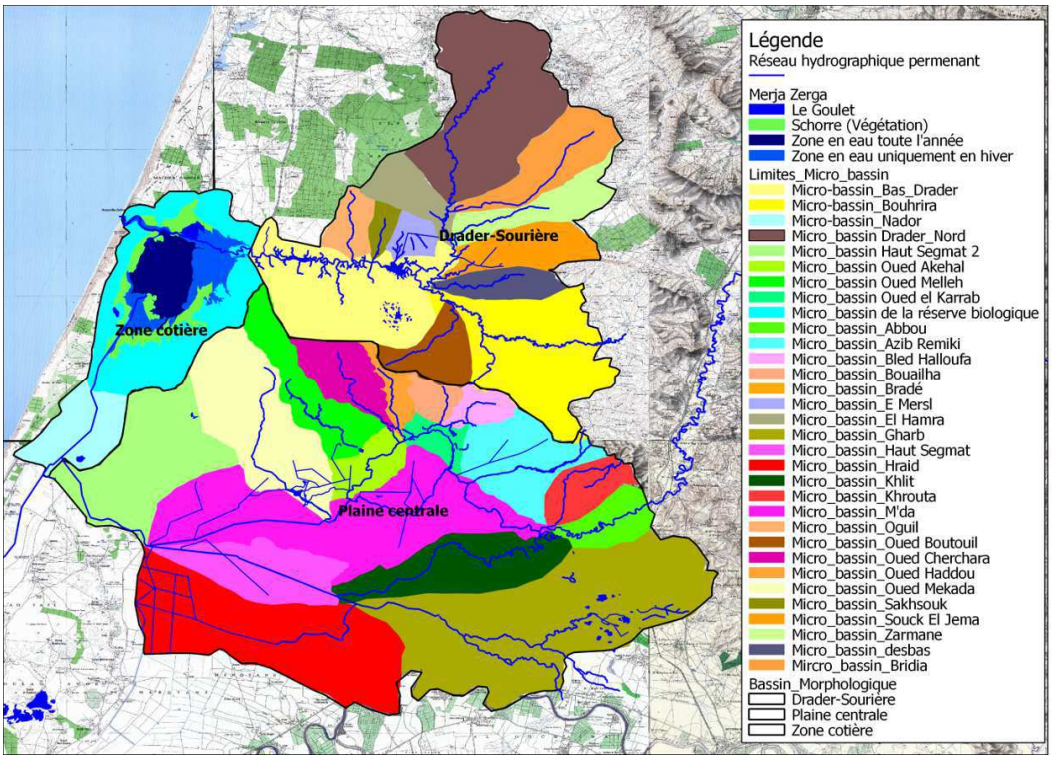


Figure 31. Carte des micro-bassins (Réalisation : Ayadi H., 2012)

Les superficies des micro-bassins varient de 104, 29 km^2 (surface du micro-bassin Gharb) à 1,18 km^2 (surface du micro-bassin de Bradé) (Tableau 13).

Tableau 13. Superficies des micro-bassins du réseau hydrographique

id	Nom du micro-bassin	Surface (Km^2)
15	Micro-bassin Gharb	104,29
19	Micro-bassin de la réserve biologique	81,35
31	Micro-bassin M'da	79,72
14	Micro-bassin Hraid	73,42
1	Micro-bassin Drader Nord	61,29
13	Micro-bassin Bas Drader	53,31
5	Micro-bassin Bouhrira	51,11
21	Micro-bassin Oued Mekada	49,25
27	Micro-bassin Haut Segmat 2	46,37
16	Micro-bassin Khlit	35,77
26	Micro-bassin_Azib Remiki	28,53
12	Micro-bassin Nador	26,77
32	Micro-bassin_Haut Segmat	26,48
30	Micro-bassin Oued Melleh	23,74
2	Mircro-bassin Bridia	22,86
3	Micro-bassin Zarmane	16,47
24	Micro-bassin Oued Cherchara	16,46
7	Micro-bassin Souck El Jema	16,29
20	Micro-bassin Oued Boutouil	14,54
4	Micro-bassin El Hamra	12,72
18	Micro-bassin Khrouta	12,64
17	Micro-bassin Abbou	12,43
28	Micro-bassin Oued Akehal	11,85
6	Micro-bassin desbas	10,87
11	Micro-bassin Oguil	8,13
29	Micro-bassin Oued el Karrab	7,33
23	Micro-bassin Bled Halloufa	6,84
22	Micro-bassin Bouailha	5,97
25	Micro-bassin Oued Haddou	5,95
10	Micro-bassin El Mers	5,84
9	Micro-bassin_Sakhsouk	3,95
8	Micro-bassin Bradé	1,18

Source : Travail de SIG, Ayadi H., 2012

2.2 Nappes du bassin versant de la Merja Zerga et risque de transfert vertical des phytosanitaires par infiltration

La contamination et/ou la pollution d'une nappe d'eau est conditionnée par ses caractéristiques. Certaines de ces caractéristiques ont été étudiées par (Castany et Margat 1977; Castany 1982) lors de la délimitation de la zone d'action. Le type d'aquifère peut être libre, perché, captif, alluvial, karstique... La profondeur du niveau piézométrique (et sa variation) est intéressante car elle peut être assimilée à l'épaisseur de matériau que les solutés doivent traverser avant d'atteindre l'eau. Le volume (difficile à évaluer) et la recharge (en mm d'eau/an) expriment le fait que la principale alimentation des nappes provient des précipitations (parfois de l'irrigation) pour les grands aquifères. Dans le cas des nappes alluviales la contribution des cours d'eau est importante et le sens et la vitesse d'écoulement.

Le réseau hydrogéologique du bassin versant de la Merja Zerga est constitué de trois types de nappes (Figure 32) : la nappe Dradere-Souière au nord de la Merja Zerga, la nappe de Mnasra au niveau de la zone côtière et la nappe de la plaine du Gharb.

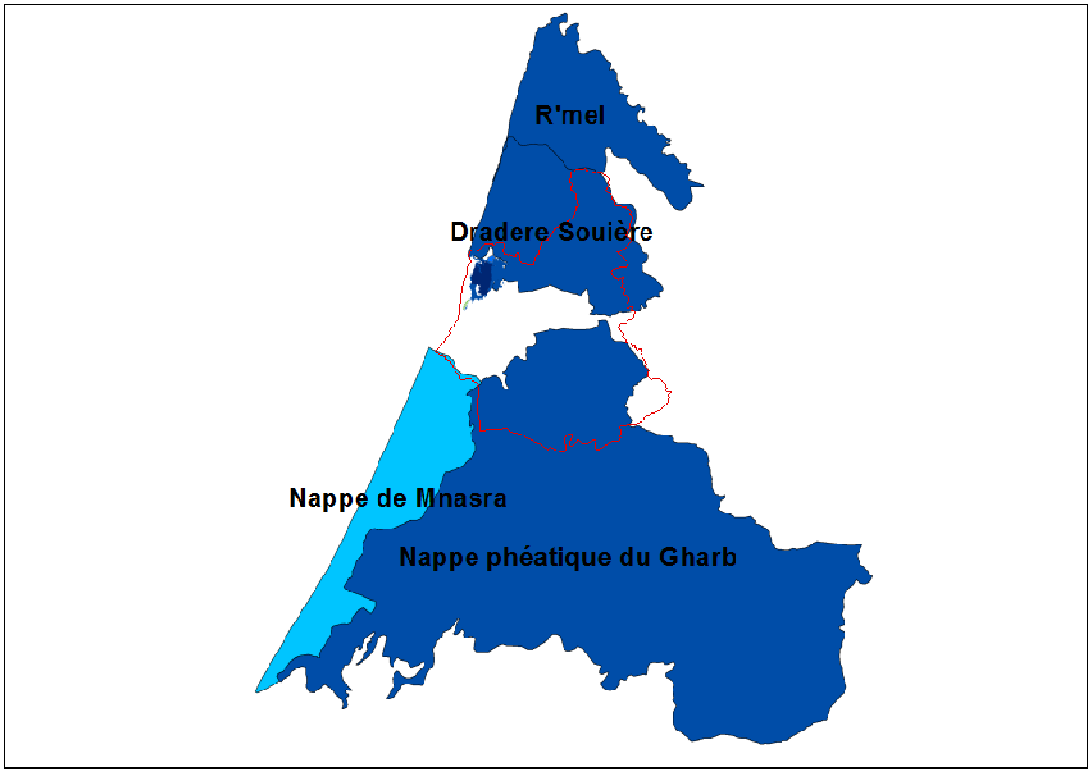


Figure 32. Réseau hydrogéologique du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2012)

L'aquifère de Drader-Souière constitue le prolongement naturel de la nappe R'Mel vers le Sud. Les limites naturelles de la nappe de Dradère-Souière sont : l'océan Atlantique et la Merja Zerga à l'Ouest, la ligne de partage des eaux avec la nappe de R'mel au Nord-Ouest et les affleurements du substratum marneux au Nord-Est et au Sud de la nappe. L'alimentation de la nappe est essentiellement due `à l'infiltration des eaux de pluie (El Kellouti 2004).

D'après l'Agence du Bassin Hydraulique de Sebou (ABHS) (2012), les évolutions piézométriques permettent de distinguer plusieurs secteurs :

- Secteur Drader avec une tendance à la baisse des niveaux piézométriques due à une concentration des pompages pour l'irrigation ;
- Secteur Souière avec une tendance à la remontée des niveaux piézométriques due à une irrigation privilégiant des eaux superficielles, mais aussi source de pollution diffuse par les nitrates et les phytosanitaires;
- Le reste du bassin pour lequel les niveaux sont quasi stables.

La nappe phréatique du Gharb se trouvant à 8 et 15 m de profondeur dans plus de 75 % de la plaine du Gharb (Pallix et Tabet 1973). Une étude cartographique faite par (Amharref *et al.* 2007) a montré la grande vulnérabilité et le grand risque de pollution de la nappe du Gharb par les pesticides. Ce risque varie d'une mention faible à extrême (Figure 33) d'une zone à l'autre et suivant les types de pesticides utilisés au niveau de la plaine du Gharb et de leur intensité. Elle est également le siège de divers prélèvements pour des fins agricoles. Les apports prélevés représentent moins de 0,3 % des eaux qui transitent par la lagune (GAM 2008).

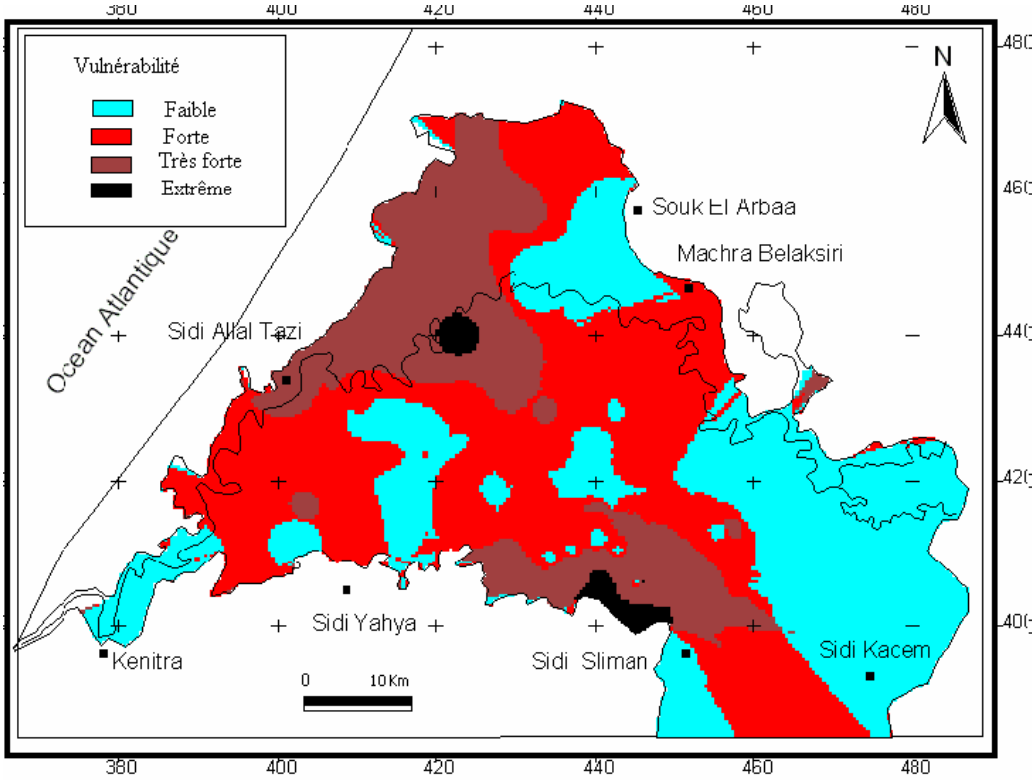


Figure 33. Vulnérabilité intrinsèque de la nappe superficielle de la plaine du Gharb (Source : Amharref et et Bernoussi 2007)

La nappe de Mnasra se caractérise par des niveaux piézométriques variable. Le niveau supérieur se situe à une faible profondeur (quelques mètres voire affleurant dans les bas-fonds les années à forte pluviométrie). Le système aquifère de la nappe de Mnasra est libre, monocouche, hétérogène. Il est constitué par un horizon imperméable de marnes et d'argiles situés à une profondeur qui varie de 60 à 200 mètres (ABHS 2011). La profondeur la plus fréquente est de 4,7 m et est inférieure à 10 m sur la majeure partie de la nappe. La piézométrie est caractérisée par la présence de dômes piézométriques modérés au nord ; Elle

est plutôt plate et basse entre l'océan et le Sebou au sud. La lithologie profonde du système aquifère de la nappe de Mnasra est représentée par des grès et sables, pouvant être entrecoupés par des passages argileux sableux ou franchement argileux. Les écoulements divergent à partir des dômes piézométriques, se dirigeant vers l'océan Atlantique et la nappe du Gharb. La nappe de Mnasra représente la quasi-totalité des ressources en eau actuellement mobilisées et joue un rôle prépondérant dans le développement socio-économique de la région. Elle constitue la principale ressource pour l'approvisionnement en eau potable de la population et permet le développement d'une irrigation dynamique sur une superficie de l'ordre de 40 579 ha. Elle permet des spéculations agricoles très valorisantes et à forte valeur ajoutée destinée principalement à l'exportation (ORMVAG 2010). Cette agriculture intensive est à l'origine d'une pollution nitrique critique de la nappe qui la rend dans la majorité des cas inapte pour la consommation humaine (ORMVAG 2010). Mais elle est également menacée par d'autres types de pollution liés à l'intensification de la mise en valeur agricole et notamment la contamination par les pesticides (ORMVAG 2010). Des concentrations dépassant la limite des pesticides (valeur maximale admissible est 0,1 µg/l par matière active et de 0,5 µg/l pour la somme des concentrations des matières actives dans les ressources en eau) ont été relevées dans la nappe du Gharb au niveau de Souck Tlet (Tableau 14) (El Abidi *et al.* 2008).

Tableau 14. Résultats des analyses des organochlorés relevés dans les eaux souterraines de la nappe du Gharb

Matière active	Kénitra (µg/l)	Sidi Allal Tazi (µg/l)	Souck Tlet (µg/l)
DDT	0,03	0,015	0,15
DDD	0,001	0,03	0,13
DDE	0,02	0,01	0,015
Lindane	0,05	0,004	0,001
Endrine	0,05	0,001	0,001
Dieldrine	0,04	0,001	0,001

Source : El Abidi et al, 2008

Afin de comprendre comment ces matières actives se sont infiltrées vers les nappes de la zone d'étude une analyse du substrum du bassin versant de la Merja Zerga est nécessaire.

2.3 Géologie du bassin versant de la Merja Zerga et infiltration des phytosanitaires vers les aquifères

L'infiltration d'une matière active vers une nappe est conditionnée par les caractéristiques du substrum du sous-sol (Castany et Margat 1977; Castany 1982) : épaisseur et nature de la zone non saturée, nature de la roche-mère et présence de circuits préférentiels. La connaissance de la géologie d'un bassin versant s'avère importante pour cerner l'influence des caractéristiques physiographiques sur la diffusion des phytosanitaires. Puisque la géologie du substratum influe non seulement sur l'écoulement de l'eau souterraine mais également sur le ruissellement de surface et la diffusion des phytosanitaires (Amharref *et al.* 2007). Afin de comprendre ces phénomènes, nous avons réalisé une carte géologique du bassin versant par superposition de la couche du tracé du bassin versant de la Merja Zerga et de la carte géologique au 1/100 000^{e}

de Sidi Yahia du Gharab, Rabat, Souk Larbâa du Gharb (Société chérifienne Pétrolière en 1950, 1951) (Figure 34).

L'analyse de cette carte géologique (Figure 34) montre que le bassin versant de la Merja Zerga a une stratigraphie composée d'une épaisse série sédimentaire de dépôts depuis les marnes du Miocène jusqu'aux limons du Quaternaire récent.

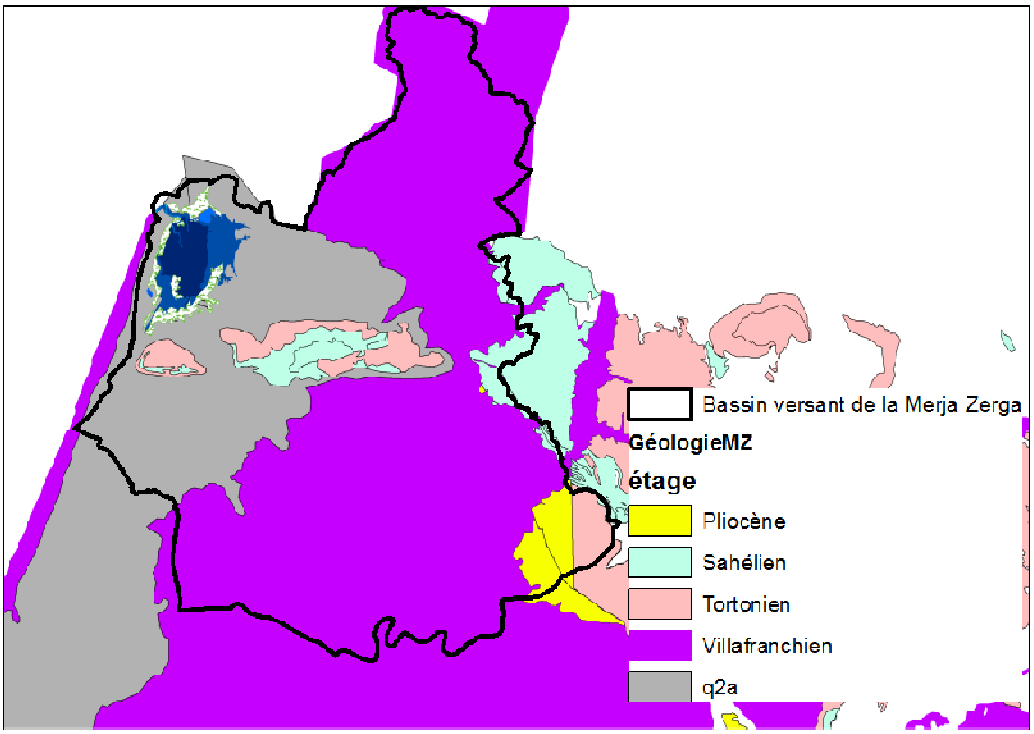


Figure 34. Carte des substrum du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2012)

Ces dépôts subdivisent le bassin versant en deux parties inégales :

- La zone côtière (Moulay Boucelhem, Sidi Mohamed Lahmar et Mnasra) du bassin versant est couverte par des dépôts du sont constituées par des formations essentiellement marines sableuses et gréso-sableuses du Soltanien (q2a) (Cirac 1985). Les dépôts du Soltanien (q2a) sont essentiellement caillouteux ou sableux, parfois gréseux. Près des côtes atlantiques, ces dépôts sont souvent cimentés par des concrétions ferrugineuses. Ces dépôts qui constituent l'essentiel des formations de surface de la zone côtière (Biberson 1971; Le Coz 1964).

- La plaine centrale et la partie nord du bassin versant sont constituées par des formations du Villafranchien. Les formations du Villafranchien sont représentés par une série marine régressive (Cirac 1985) comprenant de la base au sommet : des silts, des sables très fins puis des calcaires biodétritiques représentant un faciès de plage médiolittoral et enfin des cailloutis correspondant au remplissage de chenaux fluvio-estuariens (Le Coz 1964).

L'identification de zones particulièrement vulnérables de la ressource en eau peut être un élément utile pour la définition des propositions d'action d'aménagements dont la répartition des cultures géographiquement ainsi que la gestion des pratiques phytosanitaires.

Ces formations géologiques ont fortement conditionnées les types de sols du bassin versant de la Merja Zerga.

2.4 Les sols du bassin versant de la Merja Zerga conditionnent fortement le comportement des pesticides dans l'environnement et la variabilité spatiale des cultures

Le sol joue un double rôle de stockage et d'épuration des pesticides (Mamy et Barriuso 2005). Les constituants du sol (matière organique et argile) conditionnement fortement le comportement des pesticides (Mamy et Barriuso 2005). En effet plus le taux de matière organique et d'argile est plus la mobilité des pesticides est faible vers les eaux souterraines (Mamy et Barriuso 2005). En revanche, la persistance de la molécule augmente le risque d'accumulation et de transfert des pesticides (Calvet *et al.* 2005). D'où la grande nécessite d'analyser les sols du bassin versant de la Merja Zerga.

Pour cette étude nous ne disposons pas de carte des types des sols pour tout le bassin versant. Seule la zone côtière et la plaine centrale sont cartographiées. La carte pédologique du Maroc est en cours de réalisation par l'INRA de Rabat. La carte représentant la partie Gharb du bassin versant est issue d'un long travail de digitalisation d'une carte au 1/100 000e réalisée dans le cadre du projet Sebou (ORMVAG 2010). D'après les pédologues de l'ORMVAG, cette carte reste assez sommaire. Elle nécessitera un travail de corrections et de validation assez long. Cependant, elle peut être utilisée comme base d'identification et de caractérisation des principaux types de sols du bassin versant (Figure 35).

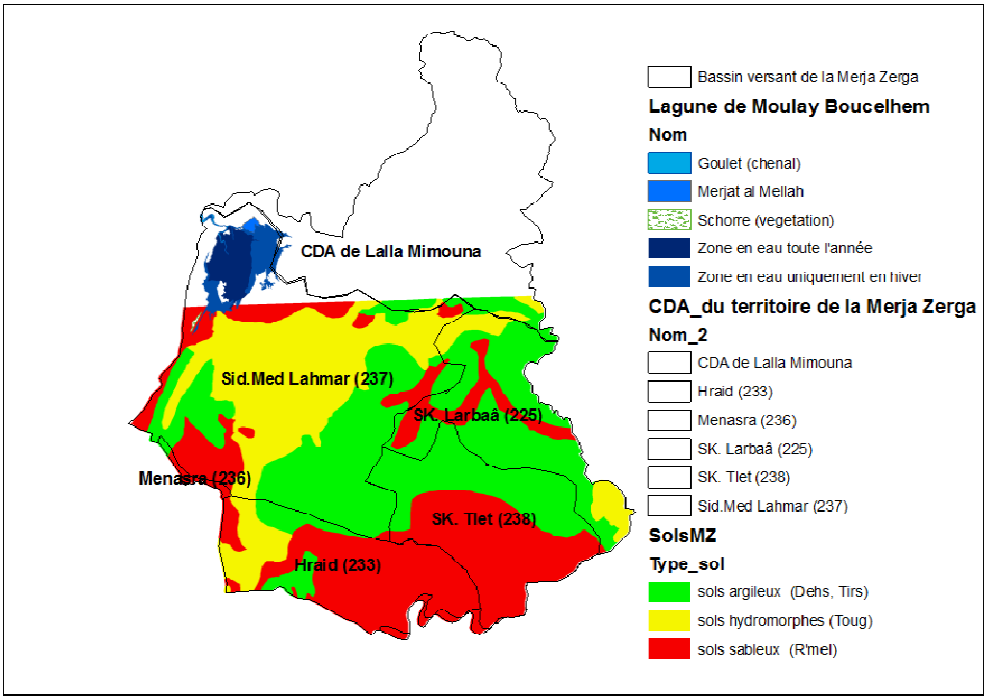


Figure 35. Carte des principaux types de sols de la partie Gharb du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi, 2012)

Les sols du bassin versant de la Merja Zerga peuvent être groupés en trois principaux groupes de sols: les sols sableux (R'mel), les sols apparentés aux sols hydromorphes (Toug) et les sols

de la plaine alluviale: vertisols et sols peu évolués d'apport alluvial (Tirs et dehss) (Tableau 15) (ORMVAG 2010).

Tableau 15. Nomination locale des sols de la région du Gharb-Chrarda-Bni-Hssen

Dehs	Sol limono-sableux
Tirs	sols noirs
Ferchach	tirs légers se rapprochent des dehs lourds
Rmel	sols ferralitiques rouges méditerranéens

Source : ORMVAG, 2010

Les sols sableux dits aussi localement « R'mel » dont les sols à sesquioxydes de fer se développent sur les formations sableuses ou gréso-sableuses dunaires d'origine marine à topographie plus ou moins tourmentée.

Au niveau du bassin versant de la Merja Zerga, les R'mel se localisent dans la zone côtière (CDA de Mnasra et une partie du CDA de Sidi Mohamed Lahmar). Ils se caractérisent par une texture sableuse (90% de sable), peu évolués et faiblement fersiallitiques et sans calcaire. Ces sols sont très faiblement fertiles. Ils nécessitent un apport intensif en matières organiques fraîches, et une fertilisation bien raisonnée pour éviter le lessivage des fertilisants et la pollution de la nappe par les nitrates. Ils sont sensibles à l'érosion éolienne et hydrique. Ils se caractérisent par une perméabilité très excessive allant de 20 à 100 cm/heure (ORMVAG 2010). Ces sols conviennent essentiellement aux cultures maraîchères, à l'arachide, à la banane et au fraisier (ORMVAG 2010).

Les sols hydromorphes appelés localement des Toug sont des sols de couleur noire et de texture plus ou moins argileuse (limono-sableuse à argilo-sableuse). Ces sols, dont le niveau de la nappe phréatique est assez fluctuant (à moins de 3 m de profondeur), Ces sols sont situés dans le domaine des dunes intérieures du CDA de Sidi Mohamed Lahmar et Mnasra, en association complexe avec les sols sableux et occupent les zones de dépressions interdunaires. Ces sols moyennement profonds sur sable encroûté (jusqu'à 100 cm) sont relativement riches en matière organique et calcaire et se développent surtout autour des bas-fonds (merjas). Ils présentent souvent des problèmes de stagnation et de remontée d'eau en surface et nécessitent toujours le recours au drainage (ORMVAG 2010).

À noter que, ces sols ne conviennent pas à l'arboriculture à cause des problèmes d'hydromorphie et de calcaire actif mais conviennent essentiellement au maraîchage d'été et aux grandes cultures hivernales (ORMVAG 2010).

Les sols de la plaines alluviale du bassin versant correspondent aux sols qui se développent sur les alluvions fines de l'oued Sebou. Trois principaux types sont à distinguer, les Dehs légers, les sols lourds et les vertisols hydromorphes :

- Dehs légers : sols peu évolués situés sur les légères levées naturelles alluviales de l'Oued Sebou. Ces sols sont faiblement représentés et limités sur les bordures immédiates de l'oued Sebou. Ils sont de texture limoneuse à limono-argileuse, naturellement bien drainés grâce à leur situation topographique légèrement surélevée et à leur bonne perméabilité, ce qui leur confère une aptitude particulière pour toutes les cultures

- Sols lourds : vertisols, vertisols peu évolués et sols d'apport alluvial à tendance vertique nommés localement (Tirs et dehss lourds). Ces sols se caractérisant par une texture très argileuse, une structure très grossière et une perméabilité faible à très faible. Les vertisols hydromorphes : sols d'anciennes merjas. Ils correspondent à des vertisols ou Dehs lourds et occupent les zones basses qui sont fortement affectés par l'hydromorphie et la stagnation des eaux pluviales en surface. Ces sols sont battants et nécessitent des apports en matières organiques pour éviter le phénomène de battance.
- Les sols de la plaine alluviale, mis à part le Dehs qui convient à toutes les cultures (arboriculture, maraîchage, grandes cultures), les sols de cette catégorie restent surtout à vocation grandes cultures (ORMVAG 2010).
- Les sols hydromorphes ou des sols merjas correspondent aux larges étendues des merjas. Ils font l'objet de stagnation quasi permanente en hiver et au printemps. En outre, le niveau élevé de la nappe provoque davantage la salinisation de ces terres sous l'effet de l'évaporation. Ces sols ne sont aptes à l'agriculture et souvent réservés aux parcours et au tournesol (ORMVAG 2010).

Pour la pondération de l'indicateur de risque de toxicité environnementale (IRTE), la texture du sol est un facteur indispensable. D'après McBride (1989) la texture, le taux de matière organique et la macroporosité conditionnent la mobilité, l'adsorption et la persistance des molécules phytosanitaires (Tableau 16). Il ressort de cette étude que plus la texture est fine, le taux de matière active est élevée et plus la macroporosité est faible, plus le risque de persistance et de solubilité dans l'eau et faible et l'adsorption est élevée.

Tableau 16. Évolution du risque de contamination des eaux par les pesticides

Niveau du risque	Risque faible	Risque élevé
Caractéristiques de pesticide		
Solubilité dans l'eau	Faible	Élevée
Adsorption au sol	Élevée	Faible
Persistance	Faible	Élevée
Caractéristique du sol		
Texture	Fine-Argileuse	Grossière-sableuse
Matière organique	Élevée	Faible
Porosité	Faible macroporosité	Forte macro porosité
Niveau de la nappe	profond	Faible

Source : McBride, 1989

En se basant sur le tableau ci-dessus, nous avons classé les sols en trois classes : sols sablonneux, sols limoneux et sols argileux.

La perméabilité des sols et des sous-sols n'est pas le seul facteur qui conditionne la diffusion des phytosanitaires. Elle est en interaction avec les conditions climatiques. Suivant des conditions pédoclimatiques, les pratiques phytosanitaires et la pollution diffuse diffèrent d'une zone à l'autre.

2.5 Différenciation spatiale des conditions climatiques au niveau du bassin versant par les précipitations et les températures

Les conditions climatiques conditionnent les pratiques phytosanitaires ainsi que la dégradation des composés phytosanitaires. Il s'agit principalement des précipitations, de la température, de l'ensoleillement et du vent (Bodelle et Margat 1980).

Comme toute la région du Gharb, le bassin versant de la Merja Zerga se caractérise par un climat méditerranéen tempéré aux hivers humides et aux étés torrides avec une influence atlantique favorable au développement d'une large gamme de cultures. La pluviométrie est concentrée pour 80 % entre le 15 octobre et le 15 avril et reste largement inférieure à l'évapotranspiration. Les températures sont tempérées par le voisinage maritime et varient, en moyenne, de 13°C en hiver à 23°C en été. Durant les périodes du chergui (vent chaud de Sud-Est d'origine saharienne), des valeurs maximales proches de 50°C peuvent être enregistrées. L'évapotranspiration annuelle avoisine 1200 mm. Elle excède ou compense la pluie entre novembre et mai. En revanche, ces moyennes annuelles cachent des grandes variabilités spatiales et intra-annuelles. Afin de pouvoir distinguer ces variations spatiales et intra-annuelles nous allons examiner des données météorologiques recueillies au niveau des Centres de Développement Agricole (CDA) de Lalla Mimouna, Mnasra, Souck Larbâa, Allal Tazi. Malheureusement, nous ne disposons pas de données couvrant la même période d'observation.

L'analyse des précipitations annuelles moyennes (Tableau 17), nous montre une variation spatiale des précipitations. Les moyennes des précipitations annuelles varient de 551 mm sur la zone côtière du bassin versant (station Mnasra) à 506 mm au centre (Sidi Allal-Tazi) et de 486 mm à l'intérieur de la plaine (Souck Larbâa). On note un net gradient pluviométrique décroissant de l'Ouest à l'Est. Ceci reflète l'influence océanique qui va en diminuant plus on s'éloigne de la côte. Par contre, il n'y a pas de grande différence entre le sud et le nord du bassin versant.

Tableau 17 : Précipitations annuelles moyennes, maximales et minimales

Station	Période d'observation	Moyenne (en mm)	Maximales annuelles (en mm)	Minimales annuelles (en mm)
Mnasra	1973-2009	551	912 (2008-09)	282 (1994-95)
Allal Tazi	1973- 2009	506	690 (1976-77)	322 (1974-75)
Souck Larbâa	1973-2009	486	748 (2008-09)	224 (1994-95)
Lalla Mimouna	1974-2003	570	875 (1995-96)	370 (1994-95)

Source:(ORMVAG 2011)

Au cours de l'année, la période pluvieuse dure du mois d'octobre au mois d'avril (Figure 36). Les mois de juin, juillet, août, et septembre sont pratiquement secs avec des moyennes mensuelles presque toujours inférieures à 5 mm. Le mois de mai présente une moyenne non négligeable de 20 mm.

Au cours de la période pluvieuse, les précipitations sont réparties d'une manière irrégulière et aléatoire d'une année à l'autre. Le nombre moyen de jours de pluie est de l'ordre de 70 jours/an.

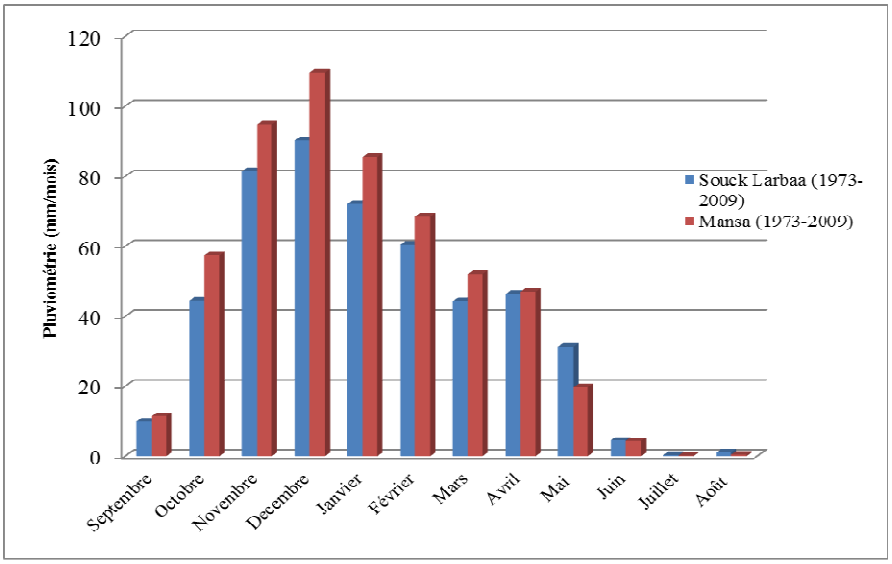


Figure 36. Précipitations moyenne mensuelle (Source : Stations de Souck Larbaâ et de Mnasra sur la période 1973-2009) (Réalisation : Ayadi H., 2012)

Le mois le plus pluvieux est le mois de décembre avec une moyenne de 110 mm à Mnasra, et 90 mm à Souck Larbâa. Il est suivi de très près par les mois de novembre, janvier, février, puis par les mois de mars, avril, octobre et mai.

En plus des précipitations, les températures jouent un rôle primordial dans la répartition des cultures et le développement des parasites.

Pour l'évaluation des températures nous ne disposons pas d'observations pour l'ensemble des stations météorologiques du bassin versant de la Merja Zerga. Nous ne disposons que des observations de la station de Lalla Mimouna au nord et de celle de Mnasra sur la côte. Les températures moyennes des stations considérées sont présentées dans le Tableau 18.

Tableau 18. Températures moyennes mensuelles et annuelles sur la période 1973-2009

Station	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai	Juin	Jul	Août	Total
Lalla Mimouna	21,2	18,5	15	12,7	11,6	11,8	13,5	13,6	17,1	20,6	22,3	22,8	16,7
Mnasra	21,5	19	15,3	12,8	11,6	12,8	14,6	15,8	17,7	20,7	22,7	22,9	17,3

Source : ORMVAG, 2011

Les températures moyennes annuelles du bassin versant suivent un gradient ouest. La zone côtière est soumise à l'influence maritime. En revanche les températures moyennes annuelles suivent un gradient nord-sud avec 16, 7°C à Lalla Mimouna et 17,3°C à Mnasra. Les deux zones côtières présentent un relief plus accentué vers le nord du bassin, adouci le bioclimat. Les moyennes mensuelles suivent la même trajectoire que les moyennes annuelles avec des variations intra-annuelles. Les mois les plus chauds de l'année sont juillet, août et septembre où les températures moyennes maximales avoisinent 28°C. Les mois les plus froids de l'année sont décembre, janvier et février avec des températures moyennes minimales de l'ordre de 7°C.

Les températures maximales, dépassant 38°C, ne sont observées que dans 5 % des cas. Ces températures sont constatées surtout lorsqu'il y a des vents d'Est (chergui). La température et l'ensoleillement peuvent jouer un rôle, en particulier sur la dégradation des substances actives, mais le manque de connaissances ne permet pas d'utiliser ces critères dans le cadre d'un diagnostic à l'échelle d'un bassin versant (Bodelle et Margat 1980).

De cette analyse du contexte climatique du bassin versant de la Merja Zerga nous distinguons deux zones climatiques :

- La zone côtière (CDA Lalla Mimouna, CDA Sidi Mohamed Lahmar et CDA Mnasra) bien marquée par l'influence océanique, appartenant à l'étage bioclimatique subhumide à hiver tempéré, avec une moyenne des précipitations annuelles de l'ordre de 551 mm, des humidités de l'air très élevées, des amplitudes thermiques moins marquées et des vents fréquents venant de l'Ouest.
- L'intérieur de la plaine (CDA Allal Tazi, CDA Souck Tlet et Souck Larbâa) est moins marqué par l'influence océanique, appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride (limite supérieure) à hiver tempéré, avec des précipitations de 400 à 500, mm des amplitudes thermiques plus élevées, une humidité de l'air moins élevée que la zone côtière, des gelées plus fréquentes. Ces dernières ont atteint un niveau alarmant en 2005 et 2011 et 2012 (- 7°C) ce qui a causé des dégâts importants pour certaines cultures, particulièrement le bananier, l'avocatier, l'oranger et le fraisier. Il a suffi d'une nuit de froid intense pour que 80 % de la production attendue des cultures sous serre et de l'arboriculture du Gharb soient perdus (ORMVAG 2012).

Cette variabilité spatiale induit logiquement des contraintes diverses qui apparaissent dans la perception différenciée de la pluviométrie et des températures par les agriculteurs. Alors que certains voient dans l'humidité permanente un atout majeur, préservant l'activité de la sécheresse susceptible de causer des dégâts majeurs, d'autres y perçoivent une contrainte induisant le développement de parasites. En maraîchage, les champignons, bactéries ou nématodes sont à l'origine de dégâts comme la nécrose et la galle des racines, les fontes de semis et la pourriture du collet et les maladies vasculaires. Par ailleurs, les adventices[30] connaissent une croissance importante régulière faisant ainsi concurrence à la culture en place. La variabilité des conditions climatiques est aussi à prendre en compte lors des traitements phytosanitaires. Il faut éviter les traitements lors de périodes de sécheresse, qui limitent la pénétration du produit dans la plante et privilégions la pulvérisation en début ou fin de journée. Le Tableau 19 présente les pertes par volatilisation en fonction de l'humidité relative de l'aire pour une température de 25°C et pour une taille moyenne des gouttes de 230 microns. La volatilisation du produit phytosanitaire diminue avec l'augmentation de l'humidité relative de l'aire. Il faut donc prendre cela en considération lors des traitements.

[30] **Adventice** désigne, pour les agriculteurs et les jardiniers, une plante qui pousse dans un endroit où on ne souhaite pas la voir se développer (champs, massifs...) car elle risquerait d'entrer en concurrence avec les plantes cultivées (http://fr.wikipedia.org/wiki/Adventice).

Tableau 19. Pourcentage de perte par volatilisation de pesticide

Conditions expérimentales	Humidité relative	Perte par volatilisation
Taille moyenne des goutes : 230 microns Température : 25°C	32 %	9,6 %
	57 %	4,8 %
	78 %	4,3 %
	100 %	2,6 %

Source : http://www.syngenta-org.fr

La perte peut être même totale. Elle peut entrainer un nouveau traitement, notamment en cas de pluie directement après l'application avant ressuyage.

Outre les facteurs d'ordre naturel et spatial auxquelles doivent prendre en compte les agricultures dans leurs stratégies agricoles et phytosanitaires, la superposition des fonctions assignées à un même territoire engendre parfois des conflits d'usage de l'espace. C'est là un nouvel aspect contraignant tant pour le fonctionnement des exploitations que pour l'aménagement de l'espace et la gestion de la pollution phytosanitaire diffuse que nous abordons dans la suite de ce chapitre.

3. Le bassin versant de la Merja Zerga, espace géré par une multitude d'acteurs

En raison de son potentiel naturel, l'agriculture est devenue le secteur économique principal de communes majoritairement rurales. L'inscription du territoire de la Merja Zerga dans le bassin versant du Sebou, la zone d'action des Eaux et Forêts et son ébergement d'une réserve naturelle classée patrimoine mondial ainsi que dans les zones d'action de deux ORMVA (Loukkos et Gharb) peut entrainer une surexploitation de l'espace et la diversité des acteurs locaux. Cette inscription multi-territoriale ne revêt que peu de contraintes au moment des enquêtes de terrains. En revanche la présence de la zone humide, de barrage d'eau potable et d'eau d'irrigation, ainsi que la multiplicité des acteurs peut induire des conflits d'usage de l'espace et de divergence d'intérêts.

Faute de moyens financiers et de temps nous n'avons pas pu établir une carte d'occupation des sols détaillée. En se référant aux enquêtes de terrain et aux cartes topographiques, nous avons cependant réalisé une carte d'occupation des sols pour recenser les terrains à vocation agricole (Figure 37).

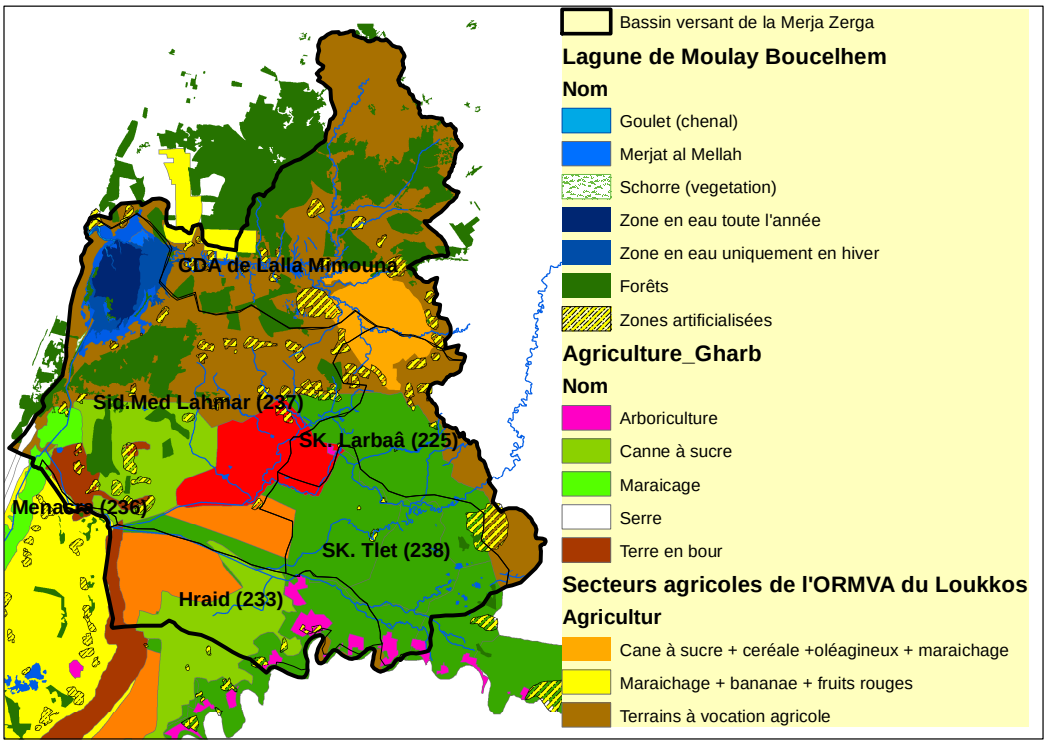


Figure 37. Carte d'occupation du sol du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2012)

L'analyse spatiale de l'occupation du sol montre que seulement 4 % de la surface du bassin versant est consacré aux habitations, répartis dans 10 communes rurales dont la grande majorité de la population travaille dans le secteur de l'agriculture sur les 81 % de la surface consacré à cette fin (Tableau 20).

Tableau 20. Répartition des types d'occupation du sol du bassin versant de la Merja Zerga

Nom	Surface (km^2)	Pourcentage par type d'occupation de sol (%)
Forêts et terrains boisés	37	4
Habitations	33	4
Terres cultivées	267	29
Terres arables et pâturage	474	52
Zones humides (Merjas et Daya)	104	11
Bassin versant	914	100

Source : Travail de SIG, Ayadi H., 2012

2.1 Communes rurales dont l'activité principale est l'agriculture

2.1.1 Découpage administratif du territoire de la Merja Zerga issu d'un Travail de SIG

Du fait que le territoire du bassin versant de la Merja Zerga est une représentation issue de notre travail de SIG, il ne dispose pas de découpage administratif propre à lui. Pour pallier à ce problème nous avons déterminé les communes appartenant au territoire de la Merja Zerga par superposition de la couche vectorielle du tracé définitif du bassin versant avec la couche vectorielle des communes de la région du Gharb-Chrarda-Beni-Hssen.

La région du Gharb-Chrarda-Beni-Hssen, crée en vertu du Dahir n°1.97.84 du 23 Dou Al Ki'da 1417, 2 avril 1997, relatif aux régions, est composée de trois provinces Kénitra, Sidi Kacem et Sidi Slimane depuis 2009. Ces trois provinces regroupent 61 communes rurales et 12 communes urbaines (Tableau 21).

Tableau 21. Entités administratives de la Région du Gharb-Chrarda-Bni-Hssen selon le découpage administratif de 2009

Province	Nb. de cercles	Nb. de caidats	Nb. de communes		Nb. Total des communes
			Rural	*Urbain*	
Kenitra	4	12	20	3	23
Sidi kacem	4	10	24	5	29
Sidi Slimane	1	5	9	2	11
Région	9	27	53	10	63

Source : Direction de la Statistique, Annuaire Statistique du Maroc, 2009

Le travail de SIG (Figure 38) a abouti à un découpage administratif du bassin versant de la Merja Zerga en 11 communes rurales dont 10 communes appartiennent à Kénitra (Bhhara Oulad Aya, Beni Malek, Choufaa, Lalla Mimouna, Moulay Bousselham, Sidi Allal Tazi, Sidi Boubker El Haj, Sidi MoheMohamed Lahmar, Souq Arb'A, Souq Tlet El Gharb) et une communes sur la province de Sidi Kacem (Mechraa Bel Ksri). Certaines communes limitrophes sont en partie dans le territoire du bassin versant. On conclue de ce travail que les limites du territoire bassin versant de la Merja Zerga ne correspondent pas aux limites du territoire géré et véçu par la population du territoire de la Merja Zerga.

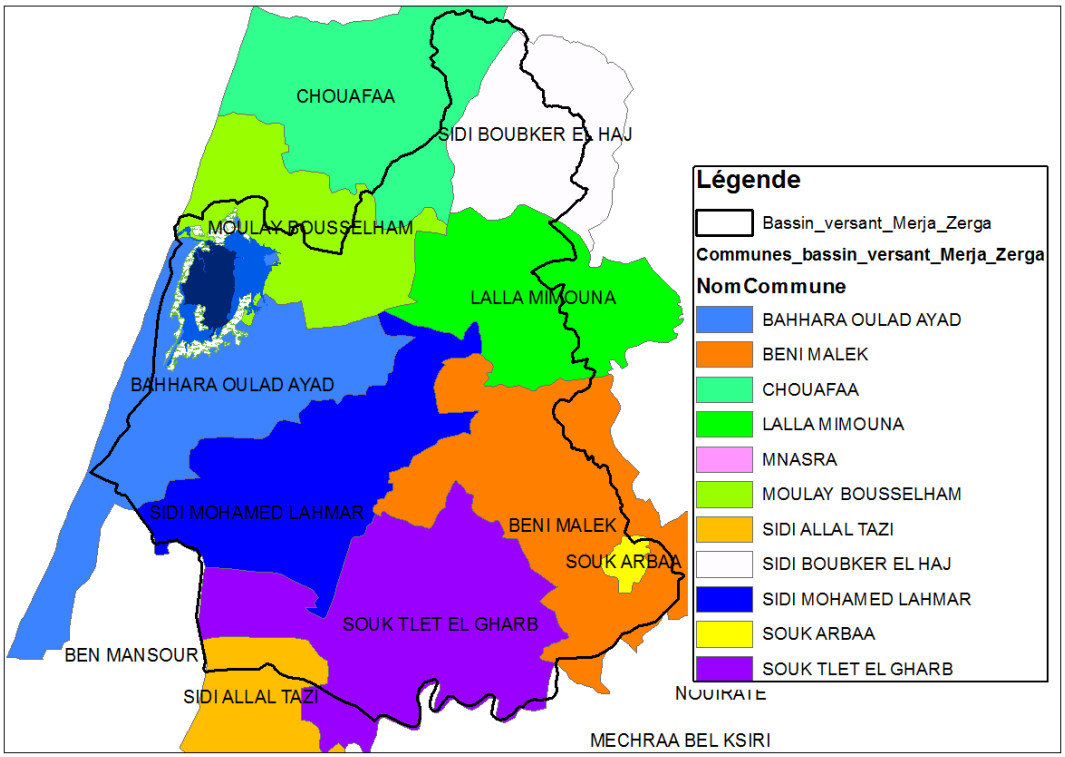


Figure 38. Carte de découpage administratif et communes rurales du territoire de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2012)

D'après le Recensement Général de la Population de l'Habitat de 2009 (RGHPH et Direction de la Statistique 2009), la population occupant le territoire de la Merja Zerga est de l'ordre de 426494 habitants (Tableau 22).

Tableau 22. Nombre d'habitants par commune rurale

Nom de la commune rurale	Nombre d'habitants
Souck Larbaâ	43392
Beni melleik	43282
Sidi Mohamed Lahmar	36125
Bhhara Oulad Aya	27488
Lalla Mimouna	24833
Souck Tlet	22416
Moulay Boucelhem	21462
Choufâa	17202
Sidi boubaker El Haj	15990
Sidi Allal Tazi	15841

Source : RGPH, 2009

Cette population est répartie sur un ensemble de douars[31] par commune (Figure 39). Ces douras sont au nombre de 89. Au niveau d'un certain nombre d'eux nous avons effectué les enquêtes de terrains.

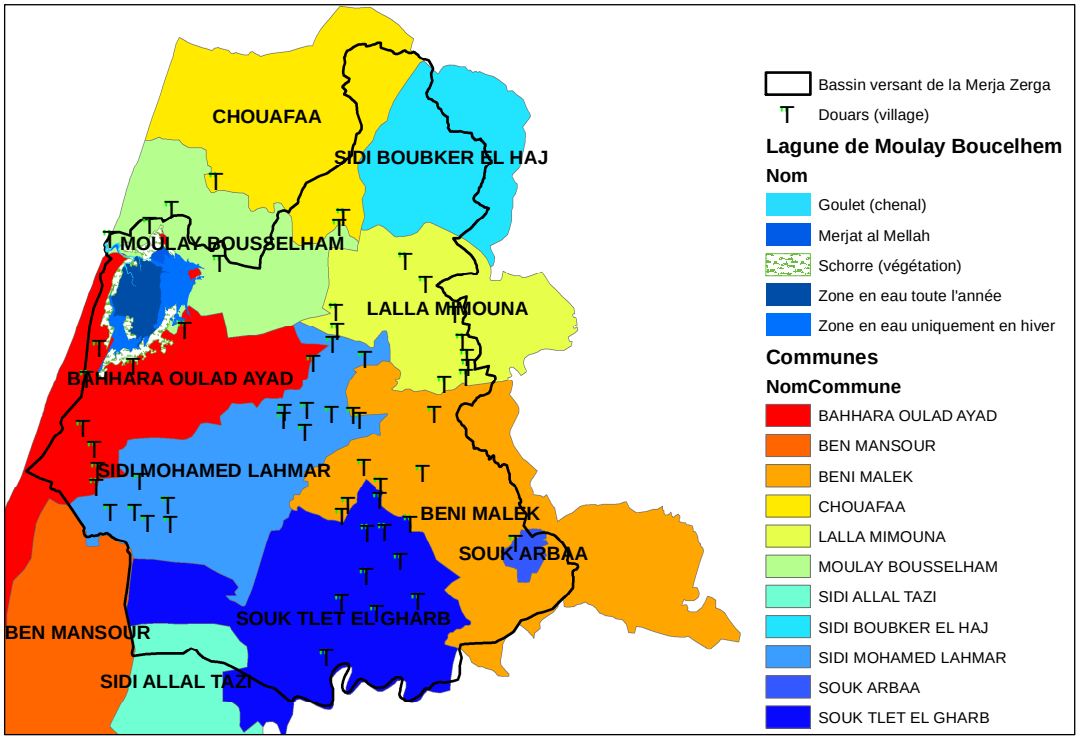


Figure 39. Communes et douars de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2012)

Des communes majoritairement rurales, leur population souffre d'un taux d'analphabétisme et de pauvreté élevé.

2.1.2 Analphabétisme

Selon les résultats du recensement général de la population et de l'habitat de 2004, le taux d'analphabétisme atteint 47,8 % chez la population âgée de 10 ans et plus dans la région du Gharb-Chrarda-Béni-Hssen, contre 43 % au niveau national (Tableau 23). Ce taux a connu une amélioration notable durant la période intercensitaire, grâce aux efforts louables fournis par le Gouvernement et la société civile à travers les programmes d'alphabétisation (Cagan 2004).

Par milieu de résidence, on constate des disparités notoires entre les milieux urbain et rural. En effet, 30,1 % des citadins sont analphabètes contre 61 % pour les ruraux (Tableau 24).

En conclusion, l'analphabétisme est élevé dans la région du Gharb-Chrarda-Béni-Hssen, mais il l'est davantage encore en milieu rural.

[31] Un douar est l'équivalent du mot français village.

Tableau 23.Taux d'analphabétisme (%) chez la population âgée de 10 ans et plus selon l'âge et le milieu de résidence

Tranche d'âge	<15 ans	15 - 59	60 et plus
En milieu urbain	4,8	28,7	76,4
En milieu rural	28,4	64,4	91,2
Région du Gharb	19,6	48,8	84,7

Source : RGPH 2004

Tableau 24. Évolution du taux d'analphabétisme (%) selon le milieu de résidence

Milieu résidentiel	Urbain		Rural		Région du Gharb	
	1994	2004	1994	2004	1994	2004
Région du Gharb	35,8	30,1	73,3	61	58	47,8
Maroc	37	29,4	75	60,5	55	43

Source : RGPH 1994 et 2004

Par âge, le taux d'analphabétisme s'accentue au fur et à mesure qu'on avance dans l'âge. En effet, c'est la population âgée de 60 ans et plus qui est la plus touchée par ce phénomène, avec 84,7% d'analphabètes. Pour la population en âge d'activité (15-59 ans), on constate que presque la moitié de ce groupe d'âge sont analphabètes, tandis qu'on enregistre un taux de 19,6%, dans le groupe de personnes ayant moins de 15 ans.

Au niveau du bassin versant de la Merja Zerga, Plus que 60 % des agriculteurs enquêtés sont analphabètes (Figure 40).

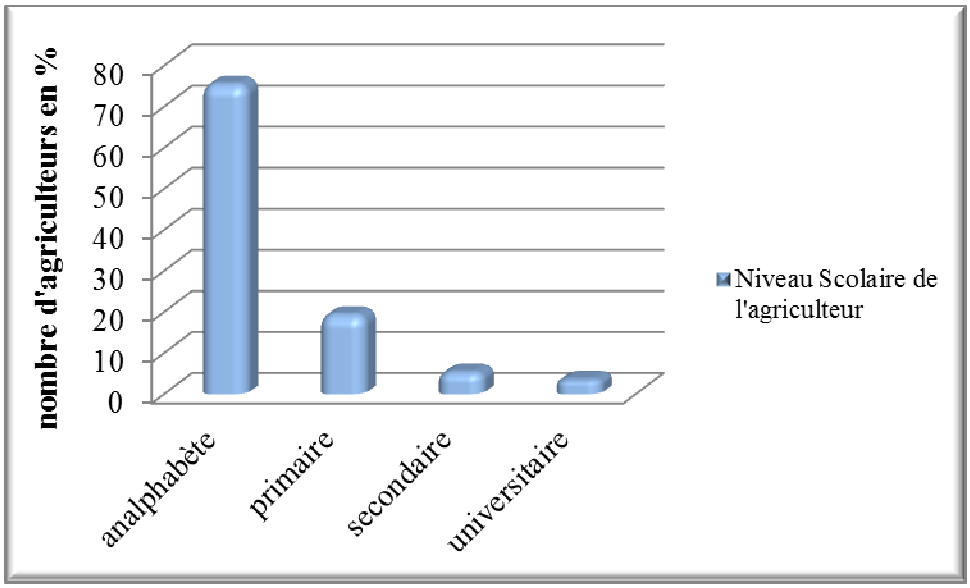


Figure 40. Niveau de scolarité des agriculteurs enquêtés (Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012)

2.1.3 Un taux de pauvreté élevé

Selon une étude faite par le HCP en 2008, la province de Kenitra et de Sidi Kacem font partie des provinces les plus pauvres au niveau du royaume du Maroc. Sur les 61 provinces du Maroc, elles sont classées respectivement 19e et 16e selon l'ordre décroissant des taux de pauvreté (HCP 2008). Le taux de pauvreté est respectivement de 21,39 % contre

19,9%. Il est plus élevé en milieu rural. Selon les données du tableau ci-dessus, les communes rurales du bassin versant de la Merja Zerga qui sont les plus affectées par le phénomène de la pauvreté. Sidi Allal Tazi et Choufâa prennent la tête du classement avec respectivement 42,3 % et 40,52 % de pauvreté au niveau de la commune alors que la commune de Sidi Boubaker El Haj présente le taux le plus faible de pauvreté avec 7,38 % (Tableau 25).

Tableau 25. Taux de pauvreté au niveau des communes rurales du bassin versant de la Merja Zerga

Nom de la commune rurale	Taux de pauvreté (%)
Sidi Allal Tazi	42,3
Choufâa	40,52
Bhhara Oulad Aya	35,75
Sidi Mohamed Lahmar	35,75
Beni Maleik	35,69
Lalla Mimouna	34,77
Moulay Boucelhem	22,43
Souck Tlet El Gharb	21,1
Sidi Boubaker El Haj	7,38
Souck Larbaâ	-

Source : Carte de pauvreté, (HCP 2008)

2.1.4 Prépondérance de l'agriculture au niveau du territoire de la Merja Zerga

Selon l'enquête nationale de 2007 (Direction de la Statistique 2007), le taux d'emploi, nombre d'actifs occupés rapportés à la population totale âgée de 15 ans et plus, a été de l'ordre de 54,6 % en 2007. La structure de l'emploi selon les secteurs d'activité fait apparaître le poids relativement important de l'agriculture. En effet, ce secteur absorbe au niveau régional 60,9 % des actifs occupés et prédomine en milieu rural, avec 85,3 % du total de l'emploi rural (Tableau 26).

Tableau 26. Structure de l'emploi régional selon le secteur et le milieu de résidence

Secteur d'activité	Milieu urbain	Milieu rural	Région
Agriculture, Forêt et Pêche	6,9	85,3	60,9
Industrie	26,5	4,9	11,5
Services	66,2	9,9	27,4
Autres	0,4	0,2	0,4
Total	100	100	100

Source : Direction de la Statistique 2007

Il ressort de l'analyse des enquêtes de terrain que pour 91 % de l'échantillon, l'agriculture est leur métier contre 9 % où elle constitue un complément de revenus.

La structuration du territoire de la Merja Zerga ne se limite pas à l'espace des communes rurales. Le territoire des communes rurales et par conséquent celui de la Merja Zerga est inscrit dans d'autres territoires, tels que le bassin hydraulique de Sebou. En dehors des affectations précises qui concernent la gestion de l'eau, cette inscription multi-territoriale ne revêt que peu de contraintes pour les agriculteurs.

2.2 Gestion de la ressource en eau au niveau du bassin hydraulique

Le bassin versant de la Merja Zerga appartient aux bassins hydrauliques de Sebou et du Loukkos (Figure 41). IL s'agit du territoire de gestion des ressources en eau instauré par la loi n°10/95.

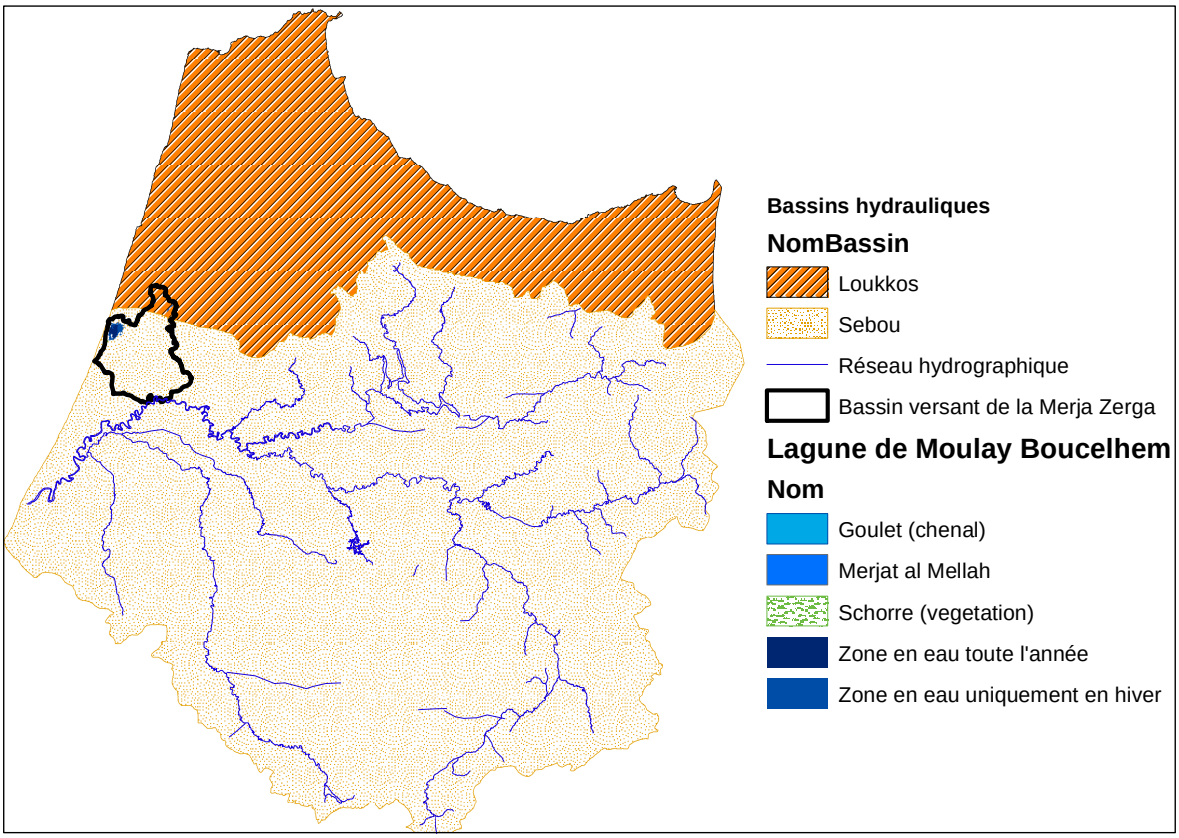


Figure 41. Le bassin versant de la Merja Zerga appartient à deux bassins hydraulique ; Sebou et Loukkos (Source : ABHS, 2011 et Réalisation : Ayadi, 2012)

Base légale de la politique de l'eau depuis 1995, la loi 10-95 regroupe un ensemble d'instruments juridiques dont l'objectif vise à faire face à la forte pression de la demande, de renchérissement de coût de l'eau, de dégradation de la qualité de l'eau et de l'environnement naturel qui y est lié. Elle basé sur un ensemble de principes de gestion raisonnée de l'eau notamment :

• **La domanialité publique de l'eau**: toutes les eaux font partie du domaine public hydraulique à l'exception des droits d'eau traditionnels dont la propriété est juridiquement déjà établie ou reconnue par une procédure appropriée;

• **L'unicité de la ressource** : la ressource en eau est unitaire et les aspects quantitatifs et qualitatifs des eaux souterraines et de surface sont indissociables ;

• **L'unité de la gestion de l'eau :** la gestion de l'eau est menée à l'échelle du bassin hydraulique, cadre géographique approprié pour appréhender le développement et la gestion de l'eau ;

• **La reconnaissance de la valeur économique de l'eau :** l'application du principe préleveur-pollueur-payeur est une mesure incitative beaucoup plus que dissuasive pour assurer l'économie de l'eau par la régulation de la demande en eau ;

• **La solidarité nationale et régionale** : la création des agences de bassins vise notamment l'instauration de mécanismes de solidarité dans les processus de gestion de l'eau, entre usagers, secteurs et régions.

• **La concertation dans la gestion de l'eau :** la gestion de l'eau doit être concertée à tous les niveaux (national, régional, local) entre les services de l'administration, les usagers et les élus.

Ces principes sont institutionnalisés dans le cadre triptyque composé par :

(i) du Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat institué par la loi 10-95. Il est chargé de formuler les orientations générales de la politique nationale en matière d'eau et de climat. Il examine et formule, en outre, son avis sur :

- la stratégie nationale d'amélioration de la connaissance du climat et de son impact sur les ressources en eau ;
- le plan national de l'eau ;
- le plan de développement intégré des ressources en eau des bassins hydrauliques.

(ii) des Agences de Bassins Hydrauliques (ABH). La création des agences de bassins est certainement la décision la plus novatrice de la nouvelle loi sur l'eau. Ces organismes viennent compléter l'architecture de l'organisation administrative de la gestion de l'eau. Elles devront assurer d'abord la macro-gestion de l'eau, mais leur action doit s'orienter également vers la promotion de l'usage rationnel de l'eau. Leur action se situe à l'amont des organismes publics de distribution de l'eau (ORMVA, Régies, Collectivités, etc.) qui continuent à gérer l'eau au niveau de la distribution.

En plus de leur rôle fédérateur de tous les acteurs de la gestion de l'eau, les agences de bassins ont pour mission :

- d'évaluer, de planifier, de développer et de gérer les ressources en eau au niveau du bassin hydraulique ;
- de garantir la préservation du domaine public hydraulique ;
- d'engager les partenaires et acteurs (collectivités locales, industriels, agriculteurs, etc.), dans des projets visant la maîtrise quantitative et qualitative des ressources en eau ;
- de promouvoir et de développer la technicité en matière d'utilisation de l'eau ;
- d'anticiper pour pouvoir faire face aux situations exceptionnelles (pénuries d'eau, inondations, dégradations spontanées de la qualité de l'eau, etc.).

(iii) **des Commissions Préfectorales/Provinciales de l'Eau** constituent un cadre de concertation local qui regroupe outre les collectivités locales, les services provinciaux de l'État et les associations socio-professionnelles. Ces commissions participent à l'établissement des plans d'aménagement intégré des ressources en eau, intéressant leur région et encouragent l'action des communes en matière d'économie de l'eau et de protection de la ressource.

Entrant en activité en 2002 suite à une délimitation de sa zone d'action par le décret n° 2.00.477 du 14 novembre 2000, l'Agence Hydraulique du bassin de Sebou et celle du Loukkos ont pour mission essentielle d'élaborer le plan Directeur d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau (PDAIRE) et de veiller à son application, de réaliser toutes les mesures piézométriques et hydrologiques, de planification des ressources en eau et la restauration de leur qualité. Ces actions sont menées dans le cadre d'une approche de gestion intégrée. Les objectifs fixés ne sont pas toujours atteints ou aboutissent en partie. D'après (Arrifi El 2008)

les agences de bassins hydrauliques ne jouissent pas d'une réelle autonomie administrative ; le département chargé de l'Eau interfère souvent dans leur travail. Malgré les efforts entrepris en matière de concertation et d'implication des différents usagers de l'eau à l'échelle du bassin hydraulique et à l'échelle nationale, les décisions stratégiques concernant le secteur de l'eau en matière de développement et de gestion des ressources en eau sont généralement prises par l'État de manière unilatérale et imposées aux autres acteurs (Arrifi El 2008).

2.3 Gestion de la biodiversité au niveau de la réserve biologique de la Merja Zerga

Le territoire d'étude abrite la réserve biologique permanente de la Merja Zerga par arrêté ministériel n° 223-78 du 26 rebia I 1398 (6 mars 1978), sur une superficie de 7300 ha. La limite est marquée par la route secondaire n° 2301 allant du douar Ain Lalla Khoja vers le canal de Nador en passant par le douar Gnafda, puis par la ligne droite joignant le pont sur le canal du Nador à la balise n°1 sur la côte Atlantique. Le côté Ouest est limité par l'Océan Atlantique, depuis la balise n°1 jusqu'à Moulay Bousselham (Figure 42).

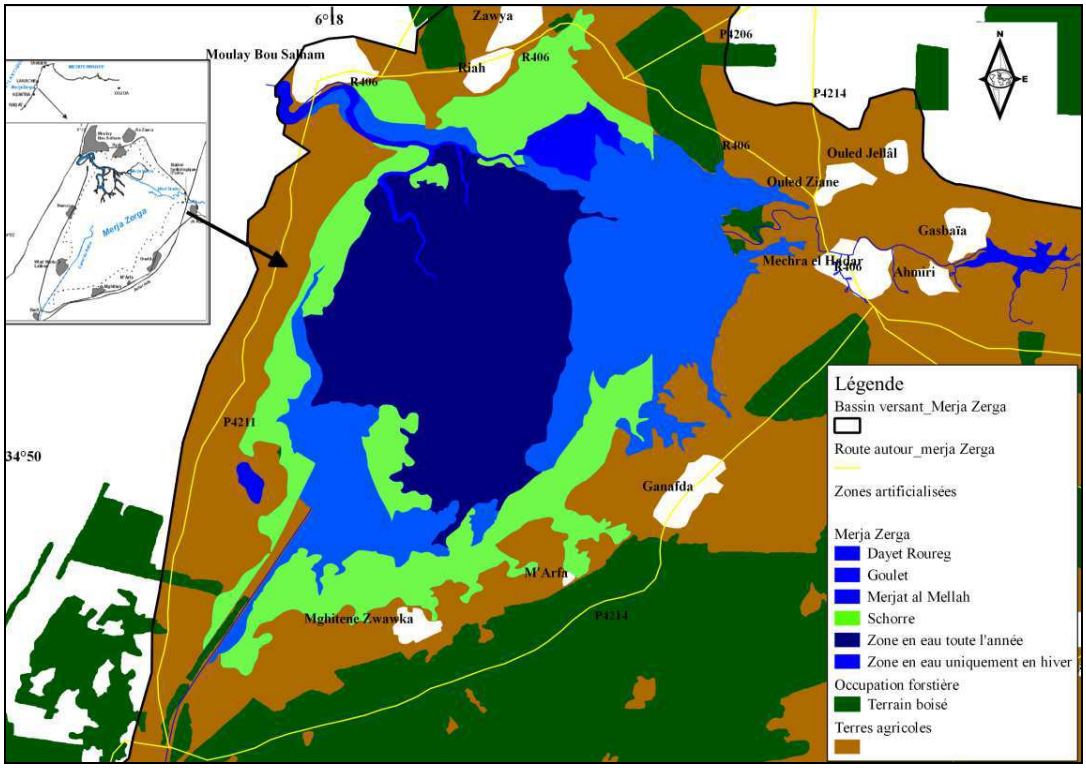


Figure 42 . Localisation géographique de la réserve biologique de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2013)

Le site est aussi classé parmi les réserves permanentes de chasse de la province de Kénitra sous l'appellation "réserve n°4/k". Cet outil juridique contribue largement à la conservation de la biodiversité du milieu.

En plus d'être site Ramsar depuis 1980, le site a été identifié comme Site d'Intérêt Biologique et Écologique (SIBE) par le Ministère chargé des Eaux et Forêts (1993) dont les limites sont illustrées par la Figure 43. Il a été également classé site ZICO Zone d'Importance pour la Conservation des Oiseaux.

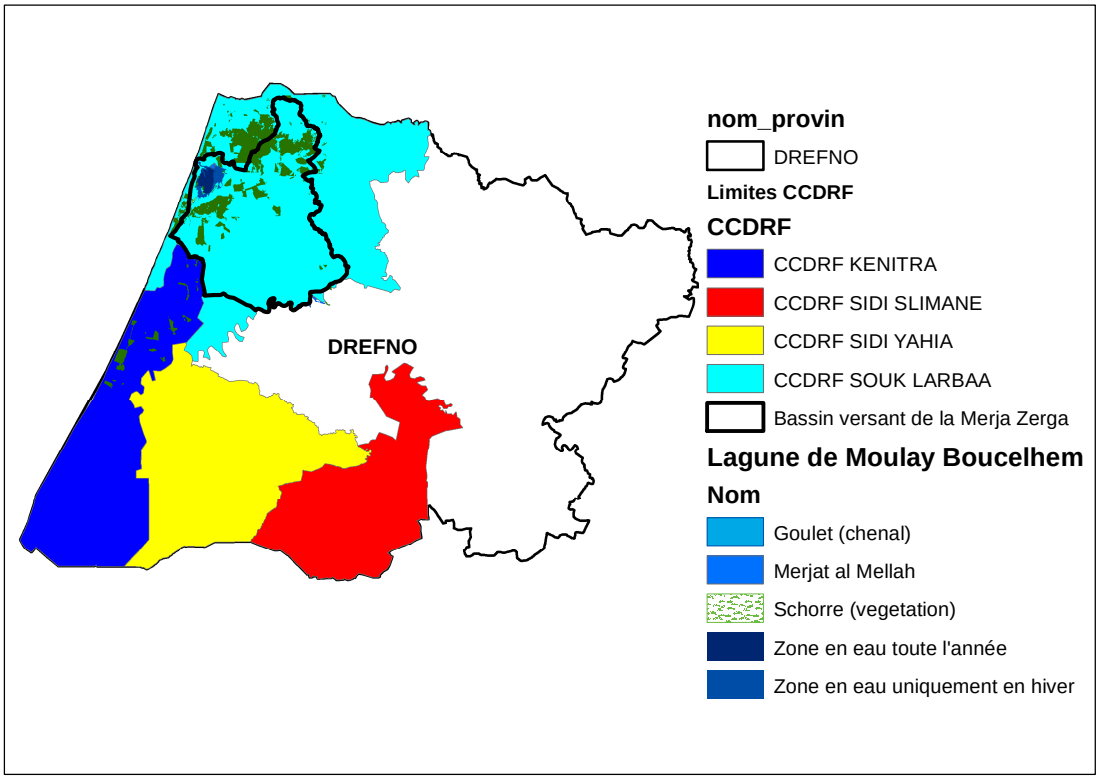


Figure 43. Limites de la zone d'action de DREFNO et ses CCDRF de Kénitra dont dépend la réserve biologique de ma Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2013)

La Merja Zerga possède donc un statut très complexe qui fait intervenir plusieurs ministères et administrations. Ce statut rend difficile sa gestion.

Dans la gestion de cette réserve interviennent un grand nombre d'acteurs du fait que les chenaux intertidaux (eaux de surface) font partie du domaine maritime, une partie des vasières dépendent du Ministère des Travaux Publics, la flore et faune ainsi que la réglementation de la chasse sont sous contrôle du Haut-commissariat des eaux et Forêts et les terres agricoles sont en majorité des terrains collectifs (jmoua) sous la tutelle du Ministère de l'Intérieur. Ces terrains sont répartis sur le pourtour de la réserve biologique de la Merja Zerga qui est aussi un milieu d'agriculture moderne et intensive. Prés 90 % des ménages soient 17.000 habitants répartis sur six douars y pratiquent l'agriculture (ORMVAG 2010). Les exploitations ont des superficies inférieures à 5 ha, et 50 % des agriculteurs possèdent 20 % seulement de la surface agricole utile totale. La superficie moyenne par ménage est de 3,24 ha, et le nombre moyen de parcelles par agriculteur est de 1,89 (MADRPM 2010).

Cette complexité du système de gestion de Merja Zerga entraîne l'absence d'un statut intégrateur qui traite les différentes composantes du site sous une même disposition juridique. Cette disposition juridique aurait permis une gestion directe et efficace de la lagune et ses ressources ainsi d'éviter plusieurs débordements juridiques d'interdiction excessive ou de tolérance arbitraire (Qninba *et al.* 2006).

Lors des enquêtes de terrain auprès des agriculteurs, un seul agriculteur localisé sur le territoire de la réserve biologique de la Merja Zerga a été questionné. Cependant il n'a pas conscience qu'il exploite un terrain appartenant à une réserve biologique.

2.4 Gestion agricole par zone d'action des Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole (ORMVA)

Dans le cadre de la mise en place de la nouvelle politique de régionalisation visant le renforcement de la politique de décentralisation et la promotion d'un développement socio-économique plus équilibré dans l'espace, l'état a créé les Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole (ORMVA) au années soixante du siècle dernier.

Au niveau du territoire de la Merja Zerga interviennent deux ORMVA : ORMVA du Gharb et ORMVA du Loukkos, créés respectivement par décret n° 830-66 et d*écret* nº 2-69-313 du 25/07/1969. Ils interviennent en tant qu'organismes chargés du développement agricole et rural. Les principales missions des ORMVA dans les périmètres aménagés, consiste à effectuer des études et des planification à caractères agricoles; des aménagement hydro-agricole des terres agricoles; des gestions et des maintenances des équipements hydro-agricoles; de l'intensification de la mise en valeur agricole; de l'encadrement et organisation professionnelle des agriculteurs et contribution au développement rural. Cette stratégie de développement agricole est basée sur une approche participative en vue de réaliser les objectifs du Plan Maroc Vert.

2.4.1 Développement agricole

L'intervention des ORMVA est ciblée sur les filières stratégiques parmi lesquelles : les agrumes, les cultures sucrières, les fruits et légumes, les céréales (dont la culture du riz) et la production laitière. Cette approche consiste à impliquer la profession de chaque filière dans l'effort d'encadrement.

Pour atteindre leurs objectifs, les ORMVA du Gharb et du Loukkos ont recours à des agents d'encadrement de proximité. Il est assuré par les entités du terrain: les Centres de Mise en Valeur (CMV), dénommés aussi Centres de Développement Agricole (CDA) avec l'appui d'équipes d'ingénieurs pluridisciplinaires. Ils ont aussi pour rôle la gestion de l'eau et le réseau d'irrigation dans leur zone d'action respective, et ce dans le cadre de leur mission générale de mise en valeur agricole. L'espace du territoire de la Merja Zerga est géré par les centres de développements agricoles : CDA de Mnasra, de Hraid, de Souck Larbâa et de Sidi Mohamed Lahmar au niveau de la zone d'action de l'ORMVA du Gharb et par le CDA de Lalla Mimouna au niveau de la zone d'action de l'ORMVA du Loukkos (Figure 44).

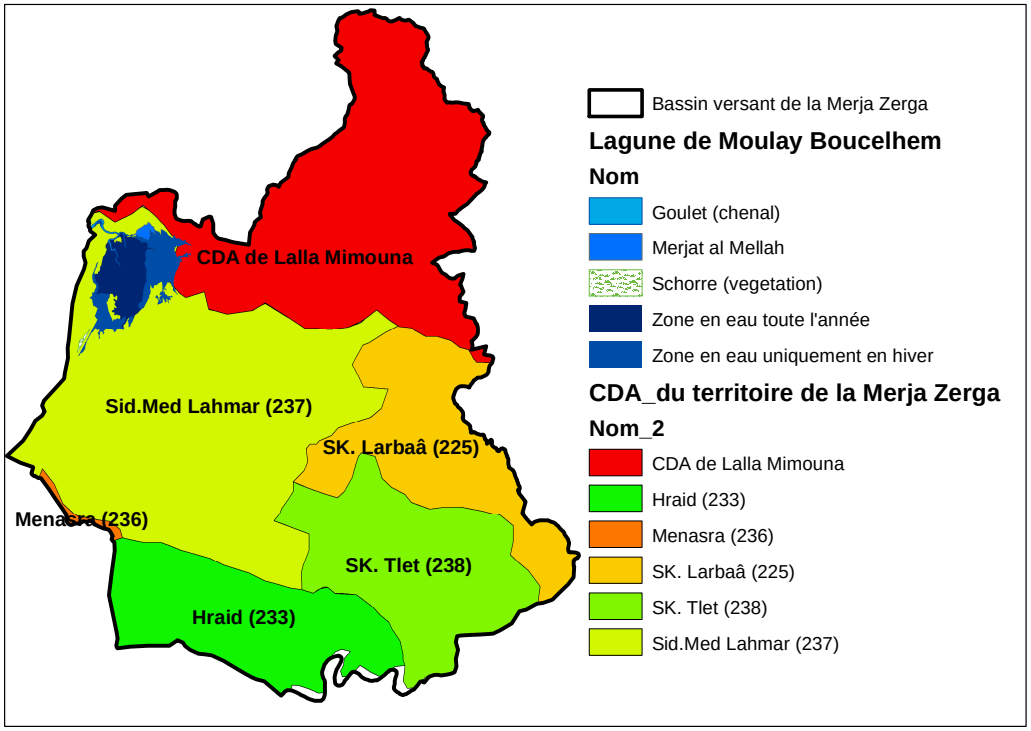


Figure 44. Limites des CDA et du Bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2012).

Les superficies totales et les surfaces agricoles utiles (SAU) des six CDA du bassin versant sont issues d'un travail de SIG (Tableau 27).

Tableau 27. Portion du CDA appartenant au bassin versant de la Merja Zerga

Nom du CDA appartenant au bassin versant de la Merja Zerga	Surface totale du CDA en ha	Portion du CDA sur BVMZ en ha	% de la SAU sur le bassin versant
Mnasra	49507	6203	13
Sidi Mohamed Lahmar	12726	12726	100
Hraid	22297	12249	55
Souck Tlet	9647	9647	100
Souck Laabra	25010	7822	31
Lalla Mimouna	12876	6074	47

Source : Travail de SIG, Ayadi H., 2011 et 2012

La partie du CDA de Mnasra couvre une surface de 49507 ha avec une SAU de 43000 ha répartie sur 10438 exploitations agricoles (Tableau 28). La majorité des exploitations a une SAU de moins de 5 ha (soit 58 % des totales exploitations). Seulement 13 % de la SAU du CDA font partie du bassin versant de la Merja Zerga (Tableau 27).

Tableau 28. Répartition des exploitations par classe de SAU au niveau du bassin versant sur la portion géré par le CDA de Mnasra

Classe de SAU de l'exploitation	Nombre d'exploitations	% par rapport au nombre d'exploitations
0-5 ha	759	58
5-20 ha	206	16
sup à 20 ha	343	26
Total	1308	100

Source : Travail d'Ayadi H., 2011

Le CDA de Sidi Mohamed Lahmar s'étale sur une surface de 12726 ha dont 11300 ha de SAU et 7638 ha d'une superficie irriguée. La SAU du CDA de Sidi Mohamed Lahmar est répartie entre 5879 exploitations agricole ayant moins de 5 ha soit 75 % du total (Tableau 29). Ce CDA est à 100 % sur le bassin versant de la Merja Zerga (Tableau 27).

Tableau 29. Répartition des exploitations par classe de SAU au niveau du bassin versant sur la portion géré par le CDA Sidi Mohamed Lahmar 237

Classe de SAU de l'exploitation	Nombre d'exploitations	% par rapport au nombre d'exploitations
0-5 ha	4410	75
5-10 ha	1102	19
sup à 10	367	6
Total	5879	100

Source : ORMVAG et notre Travail, 2013

Le CDA de l'Hraid gère une surface de 22297 ha avec une SAU de 20500 ha répartie entre 4120 exploitations agricoles dont 56 % ont une SAU de moins de 5 ha et 38 % entre 5 et 10 ha (Tableau 30). Il s'agit de petite structure issue de la réforme agraire. Ce CDA est à moitié situé au niveau du bassin versant de la Merja Zerga (Tableau 27).

Tableau 30. Répartition des exploitations par classe de SAU au niveau du bassin versant sur la portion géré par CDA de Hraid 233

Classe de SAU de l'exploitation	Nombre d'exploitations	% par rapport au nombre d'exploitations
0-5 ha	1264	56
5-10 ha	852	37,5
10-20 ha	110	5
20-50 ha	27	1
sup à 50 ha	11	0, 5
Total	2263	100

Source : Travail d'Ayadi H., 2012

Le CDA de Souck Tlet s'étale sur une surface de 9647 ha avec une SAU de 8895 ha répartie entre 930 exploitations dont environ 50 % ne couvre que 5ha (Tableau 31). Il est en majorité sur le bassin versant (Tableau 27).

Tableau 31. Répartition des exploitations par classe de SAU au niveau du bassin versant sur la portion géré par le CDA de Souck Tlet 238

Classe de SAU de l'exploitation	Nombre d'exploitations	% par rapport au nombre d'exploitations
0-5 ha	450	48
5-10 ha	250	27
10-20 ha	160	17
sup à 20 ha	70	8
Total	930	100

Source : Travail d'Ayadi H., 2012

Le CDA de Souk Larabaâ s'étale sur une surface de 25010 ha dont une superficie agricole utile de 20524 ha, répartie entre 3500 exploitations agricoles. Les tailles des exploitations sont réparties en quatre catégories (Tableau 32).

Tableau 32. Répartition des exploitations par classe de SAU au niveau du bassin versant sur la portion géré par le CDA de Souk Larbaâ 225

Classe de SAU de l'exploitation	Nombre d'exploitations	% par rapport au nombre d'exploitations
0-5 ha	383	35
5-10 ha	296	27
10-20 ha	219	20
sup à 20 ha	197	18
Total	1095	100

Source : Travail d'Ayadi H., 2012

Le CDA de Lalla Mimouna s'étale sur une surface de 12876 ha dont la SAU présente 1429 ha répartie entre 237 exploitations agricoles. La majorité de ces exploitations ont une SAU de moins de 5 ha. Elles présentent 95% du total (Tableau 33). Il s'agit d'exploitations à petite structure. 47 % seulement de ce CDA sont localisés au niveau du bassin versant de la Merja Zerga.

Tableau 33. Répartition des exploitations par classe de SAU au niveau du bassin versant sur la portion géré par le CDA de Lalla Mimouna

Classe de SAU de l'exploitation	Nombre d'exploitations	% par rapport au nombre d'exploitations
5 ha	106	95
5-10 ha	3	3
10-20 ha	2	2
sup à 20 ha	1	1
Total	112	100

Source : Travail d'Ayadi H., 2012

De cette analyse thématique par SIG des données des SAU des CDA et de la structure de leurs exploitations agricole, on a conclut la multiplicité de limites administratives et des territoires des CDA, une hétérogénéité des typologies suivant les classes de SAU des exploitations et une inégalité dans les SAU des CDA appartenant au bassin versant de la Merja Zerga ainsi qu'une dominance des exploitations à petite structure (moins de 5 ha).

Le rôle des CDA consiste à assurer la **vulgarisation de masse** par organisation de journées de sensibilisation, visites commentées, essais de démonstration, voyages d'études, caravanes dans les douars, écoutes collectives, diffusion de films, foires agricoles. Ils assurent aussi la **promotion et la dynamisation** des organisations professionnelles et encouragent la création de l'interprofession pour les filières organisées.

Les ORMVA favorisent la recherche appliquée en agriculture. Comme exemple nous mentionnons la station expérimentale de Mnasra. Les principales missions de cette station expérimentale visent à (ORMVA, 2011) :

- Mener des recherches sur les problèmes de conduite des cultures maraîchères ;
- Acquérir un référentiel régional sur les cultures maraîchères ;
- Introduire de nouvelles espèces et variétés adaptées à la région en vue d'une diversification de la production et recherche de créneaux prometteurs ;
- Transfert de nouvelles technologies aux agriculteurs
- Suivi de l'état phytosanitaire des cultures du périmètre du Gharb, avec encadrement des agriculteurs en matière des méthodes de lutte ;
- Réalisation des analyses phytopathologiques (mycologiques bactériologiques-virologiques – nématologiques, entomologiques et diagnostic des viroses) ;
- Coordination avec les différents intervenants en matière d'environnement dans la zone.

2.4.2 Développement rural

Les actions des ORMVA en développement rural visent la promotion socio-économique de la femme rurale. Par exemple au niveau de la zone d'action de l'ORMVA du Gharb, il y a eu le développement de projets générateurs de revenu au profit des associations et groupements de

femmes. Il s'agit de 66 projets cunicoles, 43 projets d'élevage caprin et projets apicoles (ORMVA, 2011). L'encadrement et l'encouragement des jeunes promoteurs par exemple pour la vente d'intrants.

L'ORMVA du Gharb a beaucoup contribué à l'amélioration des structures foncières par la réalisation de lotissements et melkisation[32] des terres collectives au niveau du périmètre irrigué (17 000 ha au profit de 5261 ayants droit et 76 collectifs soit 30% de la superficie irriguée. La réalisation de projet de Mise en Valeur en Bour de Zegota pour une superficie de 23 000 ha, concernant près de 4731 ayants droit par une première tranche de 5000 ha intéressant 969 ayants droit en cours d'achèvement et une deuxième tranche de 3000 ha concernera 765 ayants droit. Il a aussi assuré la melkisation des lots la réforme agraire dans le périmètre du Gharb, représente 25 % du niveau nationale avec une superficie de 41 900 ha (soit 35000 ha SAU), 4 928 attributaires, 145 coopératives. Près de 40 % des lots sont immatriculés au nom des attributaires et 27 000 Ha restent à immatriculer et pour lesquels plusieurs contraintes sont posées (ORMVAG 2011).

Le rôle de premier acteur de développement agricole et de gestionnaire de l'eau d'irrigation a fait des agents des ORMVA du Gharb la principale partie prenante de notre étude. Ils ont participés à nos travaux de terrain, à la validation des limites du bassin versant et au jeu de simulation SimPhy. Leurs entités de terrain (CDA) ont été les principaux acteurs d'appui et de partenariat pour le projet TRram.

Conclusion du chapitre VII

L'objectif que nous avions assigné à ce chapitre (identifier les contraintes spécifiques de la zone d'étude au fonctionnement des exploitations) nous a amené à définir des unités de contraintes (bassin versant, grande zone et sous-bassin versant) et donc à identifier un nouveau découpage de la zone d'étude.

Un premier découpage sur la base du réseau hydrographique a eu lieu. Il vise la délimitation de l'unité spatiale globale : le bassin versant hydrographique d'une superficie de 914 km^2. Il s'agit du lieu d'interaction d'éléments naturels et socio-économiques. L'analyse des caractéristiques du milieu naturel laisse apparaitre une différentiation spatiale suivant les facteurs topographiques et pédoclimatiques. Cette variabilité entraine un deuxième découpage du territoire de la Merja Zerga en trois grandes zones : la partie nord du bassin versant, la partie côtière et la plaine centrale. Sur le plan hydrographique chacune des zones est subdivisée en certains sous-bassins versants qui se drainent dans un oued ou drain artificiel. Ces caractéristiques naturelles présentent des atouts et des inconvénients pour l'activité agricole. Une large gamme de cultures peut être pratiquée selon les types des sols. En revanche, cette variabilité des conditions pédoclimatiques est source de pressions phytosanitaires et de pollution diffuse.

Afin de bien cerner les différentes contraintes de fonctionnement des exploitations nous avons aussi analysé les découpages administratifs qui existent (Communes rurales, bassin hydraulique de Sebou, zone d'action de la DREF, réserve biologique et zone d'action des ORMVA).

[32] Privatisation des terres appartenant à la réforme agraire par distribution ou vente aux agriculteurs à des prix symboliques.

En arrière-plan, nous avons pu mettre en valeur la structure agraire du territoire de la Merja Zerga. Un espace agricole structuré par les caractéristiques de son milieu naturel et des aménagements hydro-agricoles. Un découpage administratif multi-échelle qui se traduit par une inscription multi-territoriale de la zone d'étude et peut être source de conflit d'usage de l'espace. Une multitude d'acteurs se partage la gouvernance du territoire et la gestion agricole. Un territoire composé de communes majoritairement rurales présentant un taux élevé d'analphabétisme, où l'agriculture constitue la principale activité économique du territoire.

La petitesse des SAU des exploitations susceptible d'entraîner une intensification des activités agricoles et laissant présager de l'usage massif de pesticides.

La lecture des contraintes de la zone d'étude laisse enfin apparaître des structures d'exploitations. Au regard des connaissances acquises au niveau régional et du bassin versant, cette observation nous amène à avancer l'hypothèse suivante: le contexte naturel et socio-économique régional conditionnent l'organisation interne des exploitations agricoles et par voie de conséquence la mise en place des systèmes de cultures et des pratiques phytosanitaires. Face à cette définition des orientations culturales, dans quelle mesure la structure-même des exploitations induit-elle des choix particuliers par rapport à cette production ? L'analyse menée au niveau de l'exploitation agricole au chapitre suivant va nous permettre de répondre à ces questions.

CHAPITRE VIII

ORGANISATION DU TERRITOIRE DE L'EXPLOITATION, GESTION DE L'ESPACE ET SYSTEMES DE CULTURE

Depuis l'indépendance, l'agriculture marocaine ainsi que celle de la région du Ghard-Chrarda-Bni-Hssen a subi de grandes changements, en raison de la politique de l'État, qui consiste à une intensification agricole et la mise en place d'un million d'hectares irrigués pour assurer une autosuffisance alimentaire, répondre aux attentes sociétales des pays importateurs des produits agricoles et agro-alimentaires venant du Maroc et des enjeux agri-environnementaux liées à la pollution phytosanitaires diffuse. Dans le contexte de la région du Gharb-Chrarda-Bni-Hssen et du territoire de la Merja Zerga, la question se pose de voir comment les agriculteurs s'adaptent à ces contraintes à l'échelle de l'exploitation agricole ? Notre réflexion porte sur la définition du territoire de l'exploitation et l'inscription des activités agricoles dans l'espace géré, structuré et perçu par l'échantillon d'agriculteurs enquêtés. Du fait que ce sont les exploitations irriguées qui sont pointées du doigt comme source de pollution diffuse, nos enquêtes ont eu lieu dans des exploitations du secteur irrigué.

Dans une première partie, nous faisons une description et une analyse de l'organisation interne des exploitations afin de mettre en évidence l'importance de la structure et du mode de faire valoir dans le mode de fonctionnement et des choix stratégiques des agriculteurs. En se référant à cette analyse, dans une deuxième partie, une typologie représentative et synthétisant les structures et les modes de fonctionnement des exploitations du bassin versant selon l'espace structuré a été mise au point.

1. Descriptions des exploitations agricoles

Dans bien des cas les stratégies des agriculteurs et leurs orientations culturales sont fortement dépendantes de l'environnement socio-économique et naturel de l'exploitation. Les structures des exploitations, à la fois dans leur forme, leur surface et leurs modes de faire-valoir, interviennent également dans les choix stratégiques des agriculteurs et des orientations culturales de l'exploitation et par voies de conséquences sur les pratiques phytosanitaires.

Les exploitations qui ont été rencontrées lors des enquêtes au niveau du bassin versant de la Merja Zerga peuvent être caractérisées par de quelques éléments structurels et fonctionnels :

- la taille de la SAU,
- le mode de faire valoir,
- les systèmes de cultures,
- les conditions pédoclimatiques.

Les résultats sont issus de travaux d'analyse spatiale, des enquêtes et des entretiens auprès de l'échantillon d'agriculteurs et des agents de l'ORMVA du Gharb et du Loukkos.

1.1. Gestion de l'espace en relation avec la taille de la SAU de l'exploitation

D'après nos analyses spatiales, les résultats des enquêtes de terrain auprès des agriculteurs, montrent une prédominance des petites exploitations dont la SAU est de moins de 5 ha avec une diversité du mode de faire valoir. Pour assurer une viabilité économique de l'exploitation, certains agriculteurs procèdent suivant une stratégie de spécialisation ou de diversification.

1.1.1 Prédominance des exploitations à SAU inférieure à 5 hectares

Il existe une grande diversité dans les exploitations agricoles au niveau de la zone d'action du Gharb et du Loukkos. Suivant la taille de la SAU, les exploitations sont classées en trois catégories : petites exploitations pour la classe de moins de 5 ha, moyennes exploitations pour la classe de 5 à 10 ha et grandes exploitations pour la classe supérieure à 10 ha. Le pourcentage de chacune de ces classes de SAU diffère selon le CDA.

L'analyse de la configuration spatiale des structures agricoles des exploitations enquêtées (Figure 45) fait apparaître une nette prédominance des exploitations de moins de 5 hectares qui constituent 52,3 % du total des exploitations mais n'occupent que 12,6 de la SAU totale (Tableau 34). Cette faiblesse de la taille des exploitations n'est pas spécifique au bassin versant de la Merja Zerga, elle est le reflet de l'émiettement qui caractérise l'ensemble de l'espace agricole des zones d'action des ORMVA du Loukkos et du Gharb. Cette dominance est due à la distribution des terres aux agriculteurs de la région lors de la réforme agraire en 1966 (décret royal portant loi n° 267-66 du 4/7/1966) et au morcellement par héritage. Les exploitations de SAU supérieures à 10 hectares ne présentent que 24,6 % de l'effectif total du bassin versant, mais occupent 73,8 % de la SAU.

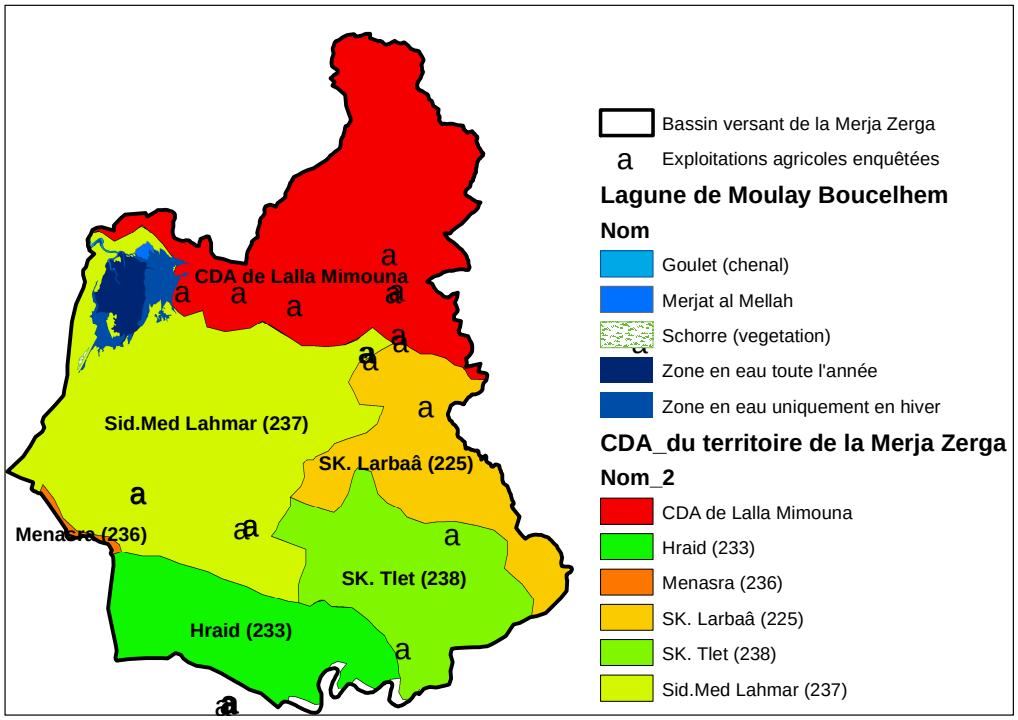


Figure 45. Localisation géographique des exploitations enquêtées en 2011et 2012 par CDA au niveau du bassin versant (Réalisation : Ayadi H., 2012)

Tableau 34. Effectif des exploitations enquêtées en fonction de la taille de la SAU

Classe de SAU (ha)	Effectif total par classe de SAU (%)	% par rapport à la SAU totale	CDA Mnasra	CDA Hraid	CDA Sidi Mohamed Lahmar	CDA Souck Tlet	CDA Souck Larbâa	CDA Lalla Mimouna
0-5 ha	52,3	12,6	12,3	1,5	12,3	12,3	1,5	12,3
5-10 ha	23,1	13,6	4,6	3,1	9,2	3,1	1,5	1,5
>10ha	24,6	73,8	4,6	0,0	0,0	4,6	1,5	13,8
Toal enquêté (%)	100	100	21,5	4,6	21,5	20,0	4,6	27,7

Source : Travail d'enquêtes de terrain mené par Ayadi H., 2011, 2012

Les structures foncières constituent pour certains auteurs un facteur de blocage pour le développement des exploitations agricoles (Akesbi 2006; CGDA 2009). Parmi les contraintes à lever, l'accès à l'eau est l'une des plus critiques et urgentes. L'accès aux intrants reste quant à lui limité: les engrais sont utilisés par la moitié des exploitations (avec 37 kg/ha/an contre 90 en moyenne dans le monde (Akesbi 2006) , les semences sélectionnées et les produits phytosanitaires par 16 et 33 % des exploitations respectivement. Moins de la moitié des exploitations ont recours à la mécanisation. Enfin la très grande majorité des exploitations ne disposent pas de titre foncier, ce qui peut freiner l'investissement et l'accès au crédit. L'accès au crédit reste inférieur aux besoins : seuls 18 % d'agriculteurs accèdent actuellement aux crédits bancaires (Agence de Développement Agricole 2011).

Le plan «Maroc Vert» avec des objectifs d'un quasi doublement du PIB agricole (Agence de Développement Agricole 2011) prévoit d'appuyer le développement de l'agriculture marocaine dans son ensemble, à travers deux composantes :

• Le «Pilier 1» vise les exploitations dites de « l'agriculture moderne », qui occupe 20 % des surfaces cultivées et se caractérisent par une forte productivité et valeur ajoutée. Cette catégorie rejoint celles des «grandes exploitations».

• Le «Pilier 2» cible les autres exploitations, plus traditionnelles, situées sur les 80 % restants des surfaces cultivées.

En termes d'organisation des filières, le Plan Maroc Vert prévoit de promouvoir des démarches dites d'«agrégation». Celles-ci se présentent comme un processus de regroupement des petites exploitations «agrégées» autour d'un partenariat avec un acteur disposant de fortes capacités managériales, financières et techniques lui permettant d'optimiser le processus de production.

1.1.2 Rôle du mode de faire valoir dans le choix des stratégies de production

Dans le bassin versant de la Merja Zerga, les statuts fonciers peuvent se résumer en cinq types, à savoir, le Melk[33], le Collectif[34], le Domaine Privé de l'État (DPE)[35], le Habous et la réforme agraire.

L'analyse des statistiques recueillies auprès de l'ORMVA du Gharb et du Loukkos (Tableau 35) montre que le statut foncier Melk occupe la plus grande SAU au niveau du CDA de Souck Larbâa (87 %), de Souck Tlet (84 %) et de Mnasra (62 %). En revanche, au niveau de Hraid domine le statut DPE avec 53 % de la SAU des terres. Au niveau de Lalla Mimouna domine le statut de la réforme agraire (95 %) de la SAU du CDA et à Sidi Mohamed Lahmar le statut collectif avec 44 %.

Tableau 35. Répartition des statuts fonciers au niveau des CDA du bassin versant de la Merja Zerga

CDA	Mnasra	Sidi Mohamed Lahmar	Hraid	Souck Tlet	Souck Larbâa	Lalla Mimouna
Melk (ha)	62	44	28	84	87	5
Collectif (ha)	21	51	19	12	7	0
DPE (ha)	17	5	53	4	0	0
Habous (ha)	0	0	0	0	0	0
Réforme agraire (ha)	0	0	0	0	6	95
Total	100	100	100	100	100	100

Source : ORMVAG 2011

Les agriculteurs des collectifs exploitent eux même une partie ou la totalité de leurs terres en faire valoir direct. Certains visent à louer ces terres à des sociétés étrangères intéressées par un investissement pour des spéculations plus rentables (fraise, banane, melon…), car ces dernières offrent des prix de location très avantageux. La non stabilité de la propriété et l'exiguïté des parcelles n'encouragent pas les ayant droits à investir dans la mise en valeur de ces terres. Pour pallier à cette contrainte, plusieurs agriculteurs prennent en plus d'autres terres soit en association, soit en location. Il représente respectivement 3 % et 14 %. Ceci est signe d'une recherche d'extension de l'exploitation de la surface agricole (Tableau 36).

[33] Melk : les propriétés foncières appartiennent à des individus privés.

[34] Collectif : les propriétés foncières appartiennent à un groupement ethnique. Les membres de la collectivité (ayant droits) ont le droit de jouissance, mais n'ont pas le droit de propriété de ces terres. Les terres collectives se caractérisent par le grand effectif de leurs ayant droits et, donc, par la petitesse de la taille des exploitations des collectivistes.

[35] Le Domaine Privé de l'Etat (DPE) : ce sont des terres appartenant à l'État Marocain. Leur exploitation se fait soit directement par des Sociétés d'Etat (SODEA/SOGETA), soit, indirectement, par des privés moyennant un bail à moyen ou long terme.

Tableau 36. Statut foncier et mode de faire-valoir par rapport à l'effectif enquêté

Statut foncier (%) Mode de faire valoir	Melk	Domanial	Collectif
Direct	68	7	7
En association	0	0	3
Par Location (indirect)	0	2	14
Total en %	100		

Source : Travail d'enquêtes de terrain d'Ayadi H., 2011, 2012

Pour mieux comprendre le rôle joué par les structures des exploitations, à la fois dans leur forme, leur surface et leurs modes de faire-valoir dans les choix stratégiques et tactiques des agriculteurs en termes de systèmes de cultures, nous allons procéder dans ce qui suit à une analyse des systèmes de culture.

1.1.3 Spécialisation et culture de haute technicité

Dans l'agriculture, une multitude de raisons peuvent pousser un agriculteur à se spécialiser ou se diversifier. Kim (1981) les a classés en plusieurs catégories : les caractéristiques bioclimatiques les ressources disponibles de facteurs tels que la terre (le type de sol, bioclimat) qui auront une incidence sur les cultures potentielles et les ressources humaines disponibles porteront avec eux la connaissance et l'expertise sur les cultures. Le marché : les restrictions d'accès au marché induit la réduction de la gamme de produits fabriqués, ce qui augmente la propension à la monoculture. L'infrastructure dans les zones agricoles peut entrainer une incidence sur la disponibilité des intrants et l'accès au marché. Les facteurs historiques comme la colonisation, qui a créé des plantations et a laissé une infrastructure et des ressources biaisées à la monoculture, vont augmenter la propension à spécialité.

14 exploitations enquêtées sont spécialisées surtout dans les fruits rouges, la banane et le maraichage (Tableau 37).

Tableau 37 . Principales spéculations des exploitations spécialisées et leurs SAU

Spéculation	Numéro de l'exploitation	SAU (ha)	Marge brute moyenne (ha)
Fruits rouges	10	1	231440
	34	3	227042
	61	11	140982
	62	42	422948
Banane	25	1,8	166160
	54	2,5	43828
Avocatier	3	3	55 126
Melon	16	5	55300
Poivron	3	4	54023
Pastèque	31	1,5	62120
Salade verte	5	120	55300
Aubergine	63	4	14754
Agrume	49	5	22300
Arachide	64	4	6363
Menthe	58	0,2	628363

Source : Enquêtes de terrain et Travail sur Olympe d'Ayadi H., 2012

De cette spécialisation résulte une occupation du sol uniforme de la SAU de l'exploitation. Par exemple l'exploitation n°61 localisée au niveau du CDA Lalla Mimouna à une longitude de 34°, 85 3907 et à une latitude de -6°,142878 (Figure 46) est spécialisée dans la production des fruits rouges.

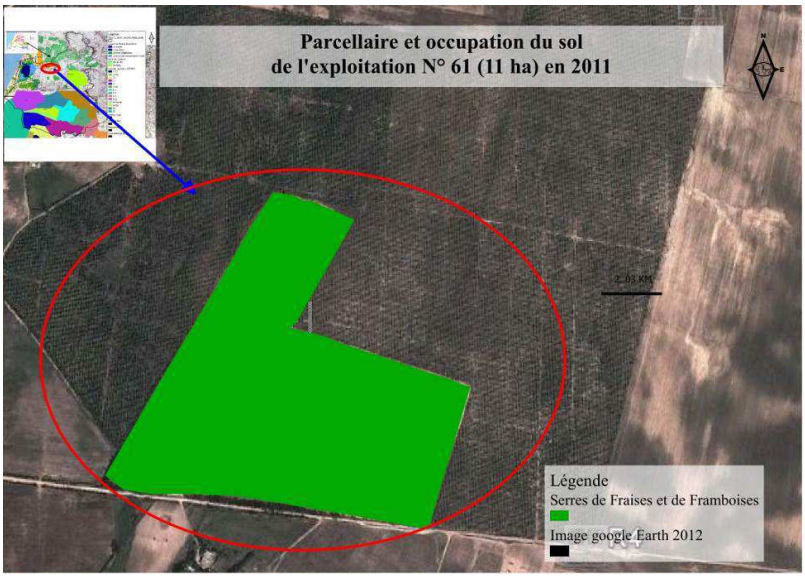


Figure 46. Même occupation du sol au cours de la campagne agricole 2011/2012 de l'exploitation n° 61 (Réalisation : Ayadi H., 2012)

L'assolement résulte des objectifs de tonnages. Il est dépendant de la surface de l'exploitation et du marché (local ou international). En se spécialisant, cette exploitation a développé un système d'encadrement spécifique dans les choix techniques. La gestion de l'espace de l'exploitation se caractérise par la haute technicité, qui se traduit par des moyens financiers conséquents qui permettent des aménagements coûteux de type serres, irrigation au goutte-à-goutte, bassin d'eau, etc.

Ce sont les producteurs de fruits rouges qui gagnent le plus d'argent. La marge brute par hectare peut atteindre jusqu'à 422948 dirhams (Tableau 37). Les producteurs de banane viennent en deuxième position, le profit par hectare peut varier entre 119 et 170 milliers de dirhams. Les cultures maraîchères arrivent en dernier avec une marge brute qui n'est plus que de l'ordre 55300 dh par ha. Ces cultures sont d'ailleurs pratiquées surtout par des exploitations familiales dont certaines disposent de terres dont le statut foncier est collectif ou réforme agraire. Ce qui montre que ces statuts fonciers ne s'opposent pas toujours aux projets de modernisation localisés au niveau des CDA de Mnasra, Sidi Mohamed Lahmar et Lalla Mimouna.

1.1.4 Diversification : valorisation et sécurité

L'analyse des assolements des exploitations enquêtées montre que la diversification est la stratégie de production des certaines exploitations de faible SAU. Pour cette catégorie d'exploitations, la diversification est une nécessité pour assurer la viabilité économique de l'exploitation, induisant un changement rapide de l'occupation du sol. Elle constitue aussi un moyen de valorisation des exploitations disposant d'une grande SAU.

Dès lors que la SAU ne permet pas la spécialisation, la viabilité économique de l'exploitation pousse à la diversification des assolements et à la pratique du dérobée[36] (cas de l'exploitation numéro 26) (Tableau 38). Cette stratégie de gestion de l'espace permet à l'exploitation de fournir des produits agricoles tout au long de l'année et garantit à l'agriculteur un revenu régulier. Au niveau de la structure de l'espace cela se traduit par des changements rapides de l'occupation du sol et par une multitude de rotations ainsi que des pratiques phytosanitaires. Cette petitesse des SAU d'exploitations se traduit par des répercussions en termes de systèmes de cultures. L'occupation du sol doit toujours être maximale pour obtenir une certaine rentabilité. Ainsi se succèdent rapidement différentes cultures. Cette diversification se traduit par une forte dynamique interne des unités fonctionnelles en rapport avec le choix de systèmes de cultures assurant une productivité maximale : en fonction des connaissances sur le marché et les emblavements consacrées aux différentes cultures diffèrent.

Sur le plan agronomique la diversification a aussi des avantages. Elle joue un rôle assainissant par la mise en place de cultures nettoyantes ou salissante. Elle permet la fertilisation du sol par des cultures à effet précédent azote et la coupure des cycles des mauvaises herbes.

[36] Une culture dérobée est une culture s'interposant entre deux cultures principales, récoltée pour être valorisée. L'objectif est de produire une grande quantité de biomasse en peu de temps. L'implantation doit être plus soignée. Le choix de la culture portera plutôt sur des espèces à forte production de biomasse. Il est important de bien les intégrer dans la rotation et de les produire à moindre coût, tout en respectant l'environnement.

Tableau 38. Assolement de l'exploitation n° 26 (< 5ha) pour la campagne agricole 2011/2012

Culture	Catégories	Assolement (ha)
Maïs Grain 26	Maïs grain	2
Haricot vert 26	Haricot vert	1
Aubergine 26	Aubergine	0,5
Poivron 26	Poivron	0,5
Total (ha)		4

Source : Travail d'enquêtes de terrain d'Ayadi H., 2011, 2012

Pour d'autres exploitations dont la SAU n'est pas une contrainte pour se spécialiser, la diversification permet la valorisation des emblavements et reste source de sécurité supplémentaire ce qui réduit à la fois la production et le risque de prix (Rosegrant et *al.* 1995). La diversification permet une allocation plus efficace des ressources, car elle crée un marché interne de capitaux, réduisant ainsi le problème du sous-investissement (Berger et Ofek 1995). Les facteurs de production qui sont en surplus créeront une perte d'efficacité et un avantage concurrentiel inférieur, si elles ne sont pas utilisées par des activités diversifiées (Montgomery et Wernerfelt 1988). Au niveau de ces exploitations, les céréales et les oléagineux sont les principales spéculations. Les productions en grandes quantités permettent d'avoir des revenus élevés, de s'ajuster à la politique nationale et aux conditions pédoclimatiques. Nous mentionnons l'exemple de l'exploitation n° 56, qui disposent d'une SAU totale de 13,5 ha (Tableau 39).

Tableau 39. Assolement de l'exploitation n° 56 (> 10 ha) pour la campagne agricole 2011/2012

Culture	Catégorie	Assolement (ha)
Bananier	Bananier	1
Tomate	Tomate	0,5
Poivron	Poivron	0,5
Arachide	Arachide	3,5
Haricot sec	Haricot sec	5
Bersim	Cultures Fourragères	1
Mais Fourrager	Cultures Fourragères	2
SAU Totale		13,5

Source : Travail d'enquêtes de terrain d'Ayadi H., 2011, 2012

1.1.5 Systèmes de cultures et rotations répondant à des conditions pédoclimatiques et à la politique agricole

La spécialisation et la diversification de l'agriculture du territoire de la Merja Zerga se sont traduites par des systèmes de cultures et des orientations culturales répondant aux caractéristiques pédoclimatiques et à la politique agricole du CDA. L'analyse des données des

enquêtes et de la base de données SIG a montré que chaque CDA se caractérise par des systèmes de culture répondant aux exigences du milieu naturel et de la politique agricole du CDA. Chacun des six CDA du bassin versant présentent des rotations :

1.1.5.1 Orientations culturales au niveau du CDA Mnasra

La zone côtière du bassin versant, espace de gestion du CDA de Mnasra a connu au cours des deux dernières décennies une évolution marquée par celle des technologies et des marchés qui ont transformé une zone pastorale en un pôle compétitif de production de fruits et légumes. La vocation actuelle de cet espace a eu pour origine l'introduction, à la fin des années 1970, de techniques de puisage de l'eau à l'aide de moteurs et de formules d'irrigation plus efficaces et plus efficientes, de cultures plus rémunératrices. L'agriculture irriguée, qui y était longtemps limitées aux Dehs des berges de l'Oued Sebou, a ainsi été généralisée avec une l'expansion d'une utilisation intensive de l'eau par pompage privé.

Suivant les conditions pédoclimatiques, les systèmes de cultures diversifiés gèrent l'espace de l'exploitation selon quatre types de rotations au cours de la campagne agricole. Deux rotations sont pratiquées sur les sols sablonneux. La première est constituée par de 2 à 3 cultures par an : de novembre à janvier de l'orge ou du fourrage, de janvier à mai du haricot sec et du tournesol et de mai à octobre de l'arachide. La deuxième rotation consiste en la mise en culture de l'Orge- et/ou du fourrage d'octobre à février et du maraichage (poivron, aubergine, tomate) ou de la pomme de terre de février à juin. Deux autres rotations ont lieu sur les sols argileux (Tirs). Il s'agit d'une 3e rotation composée de céréales (80 % de blé tendre et 20 % de blé dur de novembre à février et du maraichage (tomate industrielle) pour le reste de la campagne. Un 4e type de rotation est mis en place en cas de forte pluviométrie pour les terres non cultivées en hiver. Cette rotation est constituée par le tournesol au printemps. Selon cette logique de gestion de la SAU du CDA de Mnasra, il résulte une dominance de l'orientation maraichère avec 30 % des emblavements, les oléagineux en deuxième position avec 22 % et les céréales en troisième position avec 19 % (Figure 47) et cela malgré leurs rendements et leurs rentabilités faibles. Il s'agit de cultures nettoyantes, qui servent à couper les cycles des parasites et des ravageurs notamment des cultures maraichères.

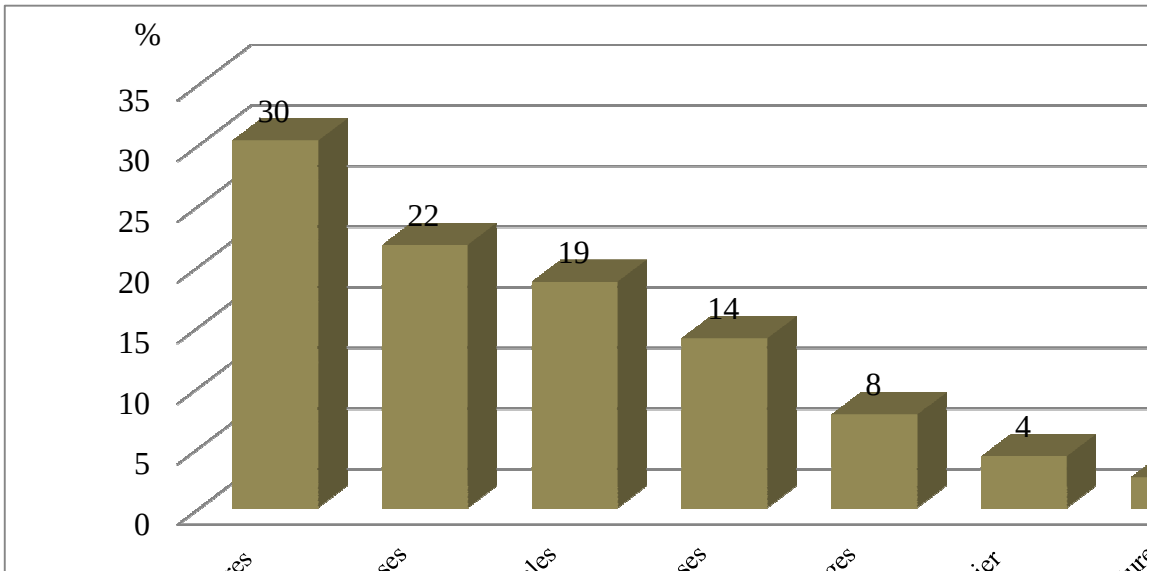


Figure 47. Emblavements des différentes orientations culturales de la SAU agricole du CDA de Mnasra (Source : Travail d'Ayadi H. à partir des données de ORMVAG 2011)

1.1.5.2 Systèmes de cultures et orientations culturales au niveau du CDA Sidi Mohamed Lahmar

Les terres agricoles du CDA de Sidi Mohamed Lahmar sont aménagées en quatre secteurs hydro-agricoles : N1assolé, N9, NRiz, N10. Les sols sont à dominances argileuses très favorables aux cultures céréalières et oléagineux. Elles occupent respectivement 46 % et 44% des emblavements de la SAU du CDA (Figure 47). Bien que l'orientation maraichage soit en plein développement, elle n'occupe que 1% des emblavements de la SAU agricole du CDA (Figure 48).

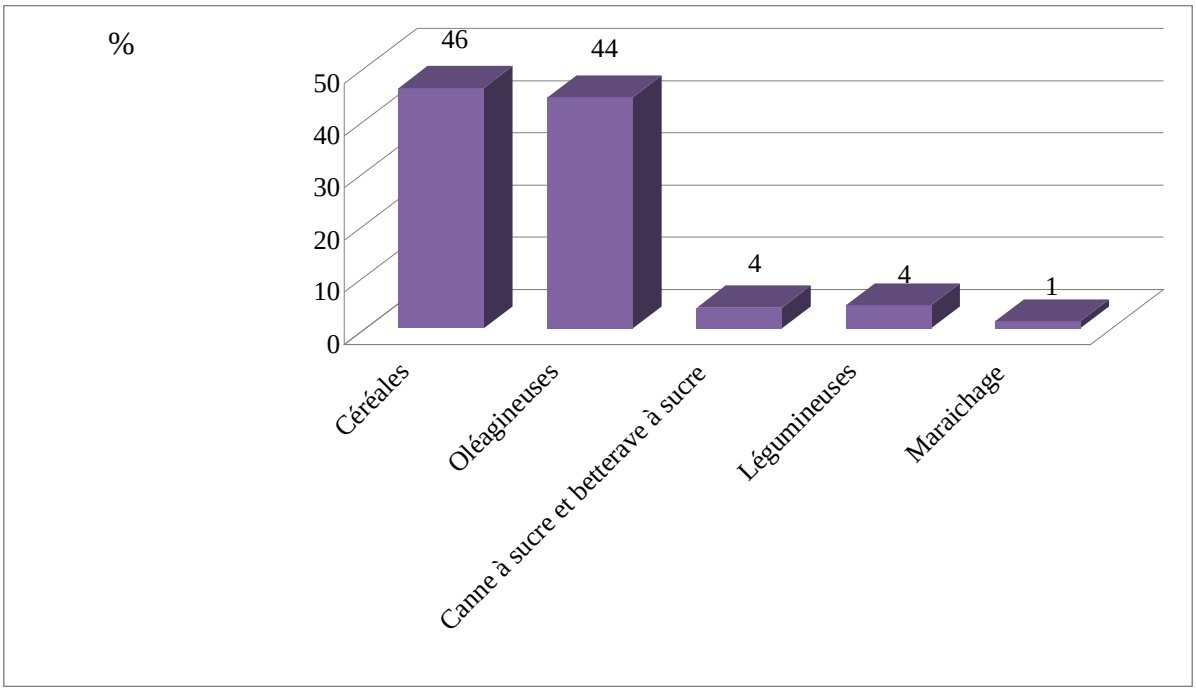


Figure 48. Emblavements des différentes orientations culturales de la SAU agricole du CDA de Sidi Mohamed Lahmar (Source : Travail d'Ayadi H. à partir des données de ORMVAG 2011)

1.1.5.3 Systèmes de cultures et orientations culturales au niveau du CDA Souck Tlet

Cette zone appartient à la plaine centrale du Sebou qui se répartit en trois secteurs hydro-agricoles : le N2, N3 et N4. Elle est caractérisée par des sols à dominance argileuse. La zone est favorable aux céréales et aux oléagineux, où elles se partagent respectivement 37 % et 30 %. En seconde position viennent les cultures fourragères et industrielles avec respectivement 14 % et 12 % (Figure 49).

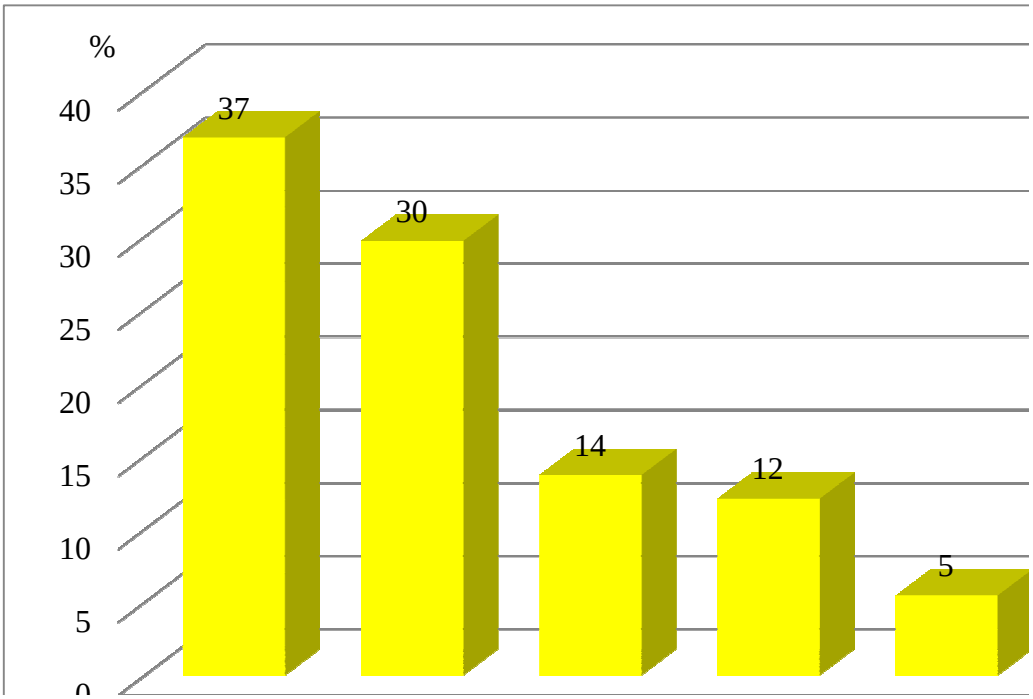


Figure 49. Emblavements des différentes orientations culturales de la SAU agricole du CDA de Souck Tlet (Source : Travail d'Ayadi H. à partir des données de ORMVAG 2011)

Ces cultures sont pratiquées selon des rotations dans le temps constituées principalement par céréales/légumineuses (fève et fèverole) ou céréale/oléagineux (tournesol) ou céréale/maraichage (melon) si le type du sol le permet, ou céréales/betterave à sucre. Ces dernières rotations sont justifiées par les effets précédents favorables qui laissent plus d'azote résiduel par les légumineuses et par le nettoyage du sol (culture propre) à travers les binages de la betterave. Le tournesol est considéré à cet égard comme une culture de rattrapage en cas d'excès d'eau hivernal.

1.1.5.4 Systèmes de cultures et orientations culturales au niveau du CDA Souck Larbâa

La zone Souck Larbâa est susceptible à des inondations malgré les aménagements hydroagricoles et la dominance des sols lourds. Les cultures oléagineuses occupent la SAU la plus élevée au niveau du CDA de Souck Larbâa avec 35 % de la SAU du CDA (Figure 50). Du fait que les sols sont aussi favorables aux légumineuses, céréales, fourrages et cultures industrielles (canne et betterave à sucre), elles couvrent respectivement 19 %, 15 %, 13 % et 12% des emblavements du CDA de Souck Larbaâ. Les principales rotations sont céréales/ protéagineux (fève et fèverole) ou céréale/oléagineux (tournesol) ou céréales/betterave à sucre, céréales/ canne à sucre et oléagineux sur les sols inondés en hiver.

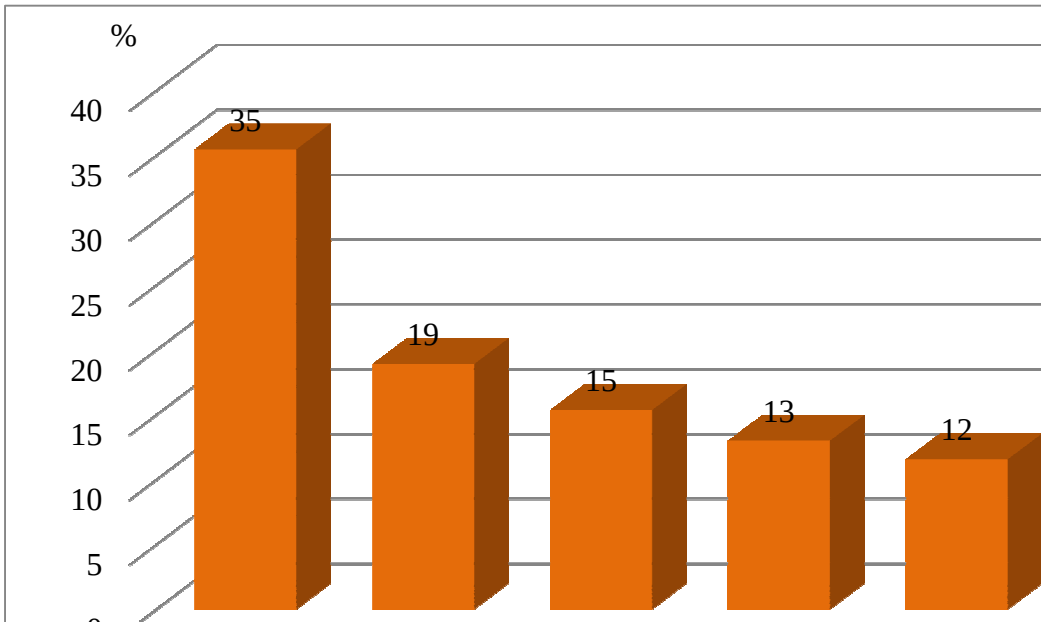


Figure 50. Emblavements des différentes orientations culturales de la SAU agricole du CDA de Souck Larbâa (Source : Travail d'Ayadi H. à partir des données de ORMVAG 2011)

1.1.5.5 Systèmes de cultures et orientations culturales au niveau du CDA de Hraid

Le CDA de Hraid fait partie de la zone de grande hydraulique. Il est divisé en cinq secteurs. Du fait des similitudes de certains secteurs (exemple C2 et C3) pour faire nos enquêtes, nous avons choisi des secteurs où les systèmes de cultures sont différents :

- le C4, secteur rizicole est caractérisé par des terres de type réforme agraire et des sols hydromorphes. Les agriculteurs font une rotation tous les deux ans : céréale/riz/bersim ; La plupart des exploitations sont spécialisées dans la culture du riz, du bersim et du blé tendre. Ce système de culture est imposé par le CDA et les sols hydromorphes.

- Le C3 où les agriculteurs pratiques des assolements libres avec des rotations composées par céréale/betterave, céréale/fourrage, céréale/maraichage, d'où la dominance des céréales. Elles s'étalent sur 58 % de la SAU du CDA (Figure 51).

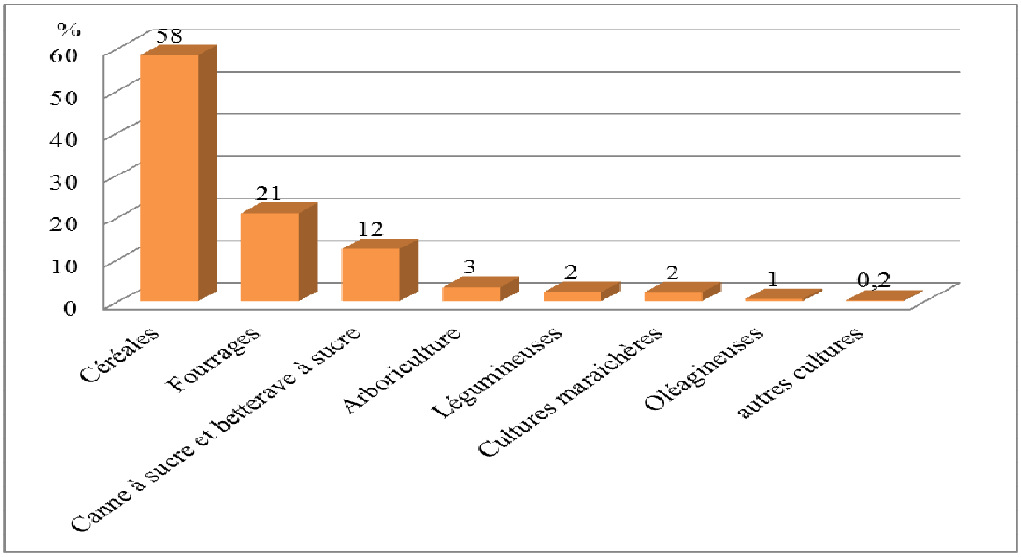


Figure 51. Emblavements des différentes orientations culturales de la SAU agricole du CDA de Hraid (Source : Travail d'Ayadi H. à partir des données de ORMVAG, 2011)

1.1.5.6 Systèmes de cultures et orientations culturales au niveau du CDA de Lalla Mimouna

Deux secteurs hydroagricoles du CDA de Lalla Mimouna ont fait l'objet de nos enquêtes de terrain : le secteur de Dlalha caractérisé par des sols sablonneux où dominent les cultures de fruits rouges (fraise et framboise) et le secteur de Merja à sols argileux où sont pratiquées les cultures de la canne à sucre et des légumineuses.

Les cultures de l'arachide, la salade verte et la pomme de terre sont les plus présentes dans les assolements et les emblavements de la SAU agricole du CDA de Lalla Mimouna.

L'orientation maraichage occupe le premier rang (Figure 52). La culture de la salade occupe 18% des emblavements de la SAU agricole du CDA, de même pour l'arachide. Cette culture protéagineuse est favorisée par les types des sols sablonneux. L'orientation des agriculteurs vers le maraichage n'est pas seulement due aux types des sols, elle résulte également de la politique agricole du CDA, basée sur un encadrement de haut niveau des agriculteurs et à la gestion des exploitations par des gérants spécialisés.

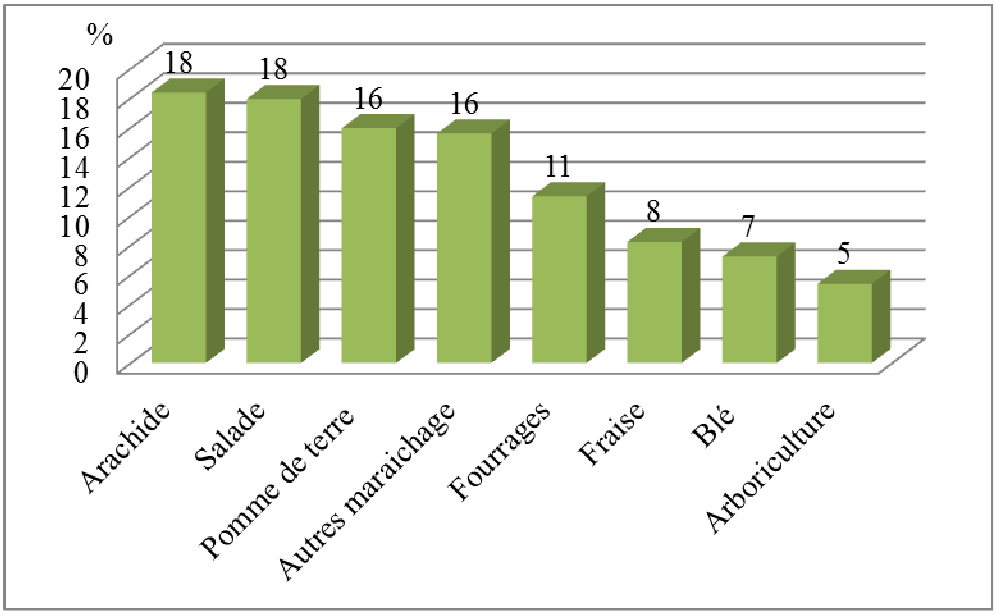


Figure 52. Emblavements des différentes orientations culturales de la SAU agricole du CDA de Lalla Mimouna (Source : Travail d'Ayadi H. à partir des données de ORMVAG 2011)

Par couplage de la base des données des emblavements agricoles avec la base de données SIG du bassin versant de la Merja Zerga nous avons obtenu la répartition de la SAU du bassin versant de la Merja Zerga en différentes orientations culturales (Figure 53). Cette SAU est caractérisée par une prédominance des céréales (soit 41 %) et des oléagineux (25 %). L'arboriculture vienne en dernière position avec 3 % seulement de la SAU.

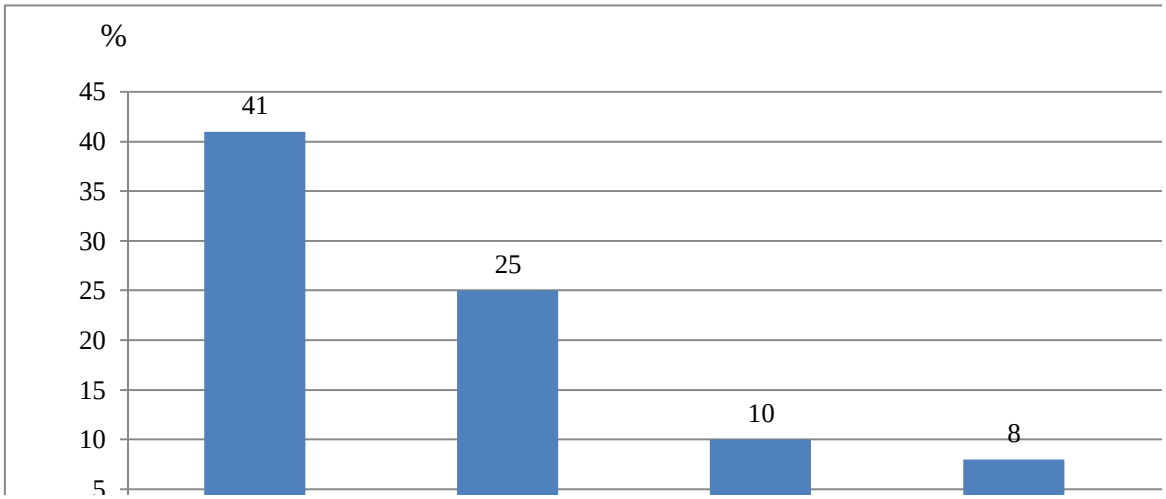


Figure 53. Répartition de la SAU du bassin versant de la Merja Zerga suivant les principales familles de cultures (Source : Travail d'Ayadi H. à partir des données de ORMVAG 2011)

L'analyse de l'organisation interne des exploitations a mis en évidence l'importance des critères de choix d'un mode de fonctionnement. Pour assurer leur viabilité économique les exploitations agricoles du territoire de la Merja Zerga suivent deux modes de fonctionnements : la spécialisation et la diversification. La spécialisation ou la diversification d'une exploitation agricole est conditionné par de nombreux facteurs. Pour certains

agriculteurs qui gèrent des exploitations d'une SAU faible la diversification constitue le moyen de survie. Elle assure une source de revenu continue pour l'agriculteur. Pour d'autres où la SAU n'est pas un problème pour se spécialiser, la diversification constitue une valorisation de la SAU et une sécurité pour l'agriculteur. L'analyse des enquêtes a montré que des modes de fonctionnement similaires peuvent se retrouver dans des exploitations aux structures pourtant assez différentes. Cet état de fait trouve son origine, d'une part dans l'histoire des productions spécifiques et de l'agriculture en général de la zone, mais surtout et d'autre part aux rôles spécifique que joue chaque spéculation dans le système de culture de l'exploitation ; rôle qui peut conditionner tout l'amont de la production. Ceci fait que le mode de faire valoir des terres a souvent très peu d'influence sur le mode d'exploitation et de gestion. Une telle spécificité peut être un atout intéressant pour concevoir et mettre en œuvre des programmes et des plans d'actions restreints, et peu coûteux en ressources, pouvant même toucher et avoir un impact visible sur un éventail large de type de fermes, car présentant justement les mêmes profils de fonctionnement.

Quant aux différences les plus marquantes qu'on peut observer, elles résultent surtout de la facilité ou non pour une exploitation d'avoir de l'eau à tout moment (oued, puits ou forages) ce qui permet de sécuriser les actions de production par une programmation plus ponctuelle sur la campagne et des conditions pédoclimatiques.

En se basant sur cette analyse des composantes du territoire de l'exploitation, nous avons élaboré une typologie des systèmes de cultures du bassin versant objet de la partie suivant du chapitre.

2. Des exploitations-types à dire d'acteurs suivant un fonctionnement spatial

Les exploitations agricoles de la région du Gharb ont fait l'objet de nombreuses typologies. Certes ces typologies rendent compte des grands traits de l'agriculture à l'échelle de la région. Elles occultent cependant des différenciations plus fines qui seraient à même de nous renseigner sur la raison des assolements.

Nous avons donc mis en œuvre une démarche pour l'identification de types d'exploitations de façon à évaluer si de simples critères spatiaux permettaient de différencier les exploitations. Ceci revient à supposer des logiques de gestion de l'espace : la définition classique du fonctionnement des exploitations (prises de décisions dans un ensemble de contraintes) est transposée au spatial. Cette démarche est basée sur une typologie à dire d'acteurs à laquelle nous avons joint les résultats issus du couplage du Modèle MerjaPhytos et du Projet SIG de caractérisation du milieu physique et du découpage administratif du territoire. (Chapitre IV§3.2).

Le territoire de la Merja Zerga est représenté par le bassin versant et son milieu physique (type du sol, climat…), les moyens de productions (SAU, matériel agricole…) et les acteurs. L'espace structuré est représenté par des emblavements d'une SAU totale de l'ordre de 39050 ha répartie en espace géré au niveau de 5994 exploitations et représentée par six systèmes de productions végétatles (Tableau 40):

- Maraichage_ Grandes cultures,
- Céréales_Oléagineux_Maraichage,
- Céréales_fourrages_Cultures industrielles_Arboricultures,

- Céréales_Oléagineux-Fourrage_Cultures sucrières,
- Oléagineux-Céréales_Fourrage-Cultures sucrières,
- Maraichage_Fruits rouges.

Selon la classe de SAU, deux sous-groupes (G1 et G2) sont définis pour chaque système de culture type (Tableau 40).

Les exploitations types sont nommées par les noms de leur CDA et du sous-groupe :

- Mnasra_G1 et Mnasra_G2,
- Hraid_G1 et Hraid_G2,
- Sidi Mohamed Lahmar_G1 et Sidi Mohamed Lahmar_G2,
- Souck Tlet_G1 et Souck Tlet_G2,
- Souck Larbâa_G1et Souck Larbâa_G2,
- Et Lalla Mimouna_G1et Lalla Mimouna_G2.

Tableau 40. Exploitations agricoles types retenues pour caractériser la situation initiale du modèle MerjaPhytos (Situation initiale du modèle de Jeu SimPhy) : Systèmes de production végétale et leurs effectifs à l'échelle du bassin versant de la Merja Zerga

Nom du système de production végétale	Surface de l'exploitation (ha)	Effectif des agriculteurs au niveau Bassin versant BV°	SAU du système de production végétale (ha)	En % par rapport au nombre d'agriculteurs	En % par rapport à la SAU du BV
Mnasra_G1	5	550	2 750	9,2	7,0
Mnasra_G2	25	100	2 500	1,7	6,4
CDA_Mnasra: Maraichage_ Grandes cultures	Maraichage_ Grandes cultures	650	5 250	10,8	13,4
Sidi Lahmar_G1	5	2 000	10 000	33,4	25,6
Sidi Lahmar_G2	8	250	2 000	4,2	5,1
CDA_Sidi Mohamed Lahmar: Céréales_Oléagineux_ Maraichage	Céréales_Oléagineux_ Maraichage	2 250	12 000	37,5	30,7
Souck Tlet_G1	10	600	6 000	10,0	15,4
Souck Tlet_G2	5	400	2 000	6,7	5,1
CDA_Souck Tlet : Céréales_Oléagineux-Fourrage_Cultures sucrières	Céréales_Oléagineux-Fourrage_Cultures sucrières	1 000	8 000	16,7	20,5
Souck Larbâa_G1	5	250	1 250	4,2	3,2
Souck Larbâa_G2	14	100	1 400	1,7	3,6
CDA_Souck Larbâa: Oléagineux-Céréales_Fourrage-Cultures sucrières	Oléagineux-Céréales_Fourrage-Cultures sucrières	350	2 650	5,8	6,8
Hraid_G1	5	1 200	6 000	20,0	15,4
Hraid_G2	10	450	4 500	7,5	11,5
CDA_Hraid : Céréales_fourrages_Cultures industrielles_Arboricultures	Céréales_Fourrages_Cultures industrielles_Arboricultures	1 650	10 500	27,5	26,9
Lalla Mimouna_G1	5	90	450	1,5	1,2
Lalla Mimouna_G2	50	4	200	0,1	0,5
CDA_Lalla Mimouna : Maraichage_Fruits rouges	Maraichage_Fruits rouges	94	650	1,6	1,7
Total bassin versant	Total systèmes de culture	5 994	39 050	100	100

Source : Travail sur Olympe mené par Ayadi H., 2012

2.1 Exploitations-types : Maraichage_ Grandes cultures

Les exploitations-types Maraichage_ Grandes cultures sont localisées au niveau du CDA de Mnasra. Elles doivent leur existence à leur localisation spatiale, à savoir sur la partie côtière du bassin versant. Cette partie s'étale sur 5250 ha, soit 13 % du bassin versant. Elle est caractérisée par des sols sablonneux qui occupent environ 50 % des terres et qui sont peu fertiles et très perméables, soumis à l'érosion éolienne. Elles sont adaptées notamment aux cultures maraîchères et à l'arachide. Les sols hydromorphes couvrent environ 20 % des terres. Ces sols ne conviennent pas à l'arboriculture et on n'y pratique qu'une gamme restreinte de cultures maraîchères. Quant aux sols profonds et lourds de la plaine alluviale, ils sont bien adaptés aux grandes cultures hivernales et au maraîchage d'été.

Le milieu naturel est caractérisé par des très faibles pentes (0 à 3 %) et un bioclimat subhumide à influence océanique. La zone de Mnasra n'a pas encore subi d'aménagement agro-hydraulique d'où la liberté des assolements. Elle constitue la zone à orientation maraichère, de serres de bananier et de fraisier.

Les deux exploitations-types représentatives de la zone de Mnasra nommées Mnasra_G1 et Mnasra_G2 ont respectivement une SAU de 5 et 25 ha. L'exploitation-type Mnasra_G1 représente un effectif de l'ordre de 550 exploitations, soit 9,2 % de l'effectifs total bu bassin versant. Ces exploitations types Mnasra_G1 occupe une SAU de 2750 ha soit 7 %. L'exploitation-type Mnasra_G2 représente un effectif de l'ordre de 100 exploitations, soit 1,7% de l'effectif total des agriculteurs du bassin versant. Malgré la faiblesse de son effectif les exploitions types Mnasra_G2 occupent une SAU de 2 500 ha soit 6,4 % de la SAU total du bassin versant (Tableau 40).

L'exploitation-type Mnasra_G1 dispose d'un ensemble d'assolement potentiel constitué par : l'aubergine, haricot sec, haricot vert, blé tendre, melon, poivron, pois chiche, pastèque, avocatier, tomate, cultures fourragères. Quant aux exploitation-type Mnasra_G2, elles disposent d'un ensemble d'assolement potentiel constitué par le bananier, pomme de terre, blé tendre, cultures fourragères, tournesol, arachide haricot sec, pois chiche, fraisier, avocatier, aubergine, poivron. Ce vaste choix est avantagé par la SAU plus élevée (voir annexe 4).

2.2 Exploitations-types : Céréales_Oléagineux_Maraichage

Les exploitations-types Céréales_Oléagineux_Maraichage caractérisent la zone de Sidi Mohamd Lahamr. Représentées par deux sous-groupes définis aussi selon SAU : Sidi Mohamed Lahmar_G1 d'une SAU de 5 ha et Sidi Mohamed Lahmar_G2 d'une SAU de 8 ha. Celles-ci ont un effectif au niveau du bassin versant de la Merja Zerga respectivement de l'ordre de 2 000 agriculteurs (soit 33,4 % du total bassin versant) et 250 agriculteurs (soit 4,2% du total bassin versant). Elles occupent respectivement une SAU de 10 000 ha (soit 25, 6% de la totale SAU bassin versant) et 2000 (soit 5,1 % de la totale SAU bassin versant) (Tableau 40). Faisant partie de la zone côtière le CDA de Sidi Mohamed Lahmar bénéficie d'un bioclimat subhumide à influence océanique. Les sols sont de types tirs à 52, 7 % et Rmel (sablonneux) à 34, 8%. Cet environnement naturel permet aux agriculteurs de types Sidi Mohamed Lahmar_G1 d'une SAU de 5 ha de pratiquer une large gamme de culture. Il s'agit du blé tendre, tournesol, haricot sec, melon, tomate, arachide, cultures fourragères. Quant aux

exploitations-types grâce à leur SAU plus élevée (5 à 10 ha). Elles peuvent pratiquer la culture du melon, blé tendre, du tournesol, du haricot sec, de l'aubergine, de la tomate et cultures fourragères. Il s'agit d'une zone de maraichage par excellence grâce aux aménagements hydro-agricoles (voir annexe 4).

2.3 Exploitations-types : Céréales_Oléagineux-Fourrage_Cultures sucrières

Les exploitations-type Céréales_Oléagineux-Fourrage_Cultures sucrières caractérisent le CDA de Souck Tlet dont les deux sous-groupes portent le même nom : Souck Tlet_G1d'une SAU de 10 ha et Souck Tlet_G2 d'une SAU de 5 ha. Elles représentent respectivement 600 (soit 10 %) et 400 (soit 5 %) agriculteurs au niveau du bassin versant. Elles occupent une SAU totale de 8000 ha, soit 20 % de SAU totale du bassin versant de la Merja Zerga (Tableau 40). Ce système de production doit son existence d'une part aux conditions du milieu naturel, caractérisé par un bioclimat semi-aride à influence continentale et à des sols de types vertisol (tirs à 87,2 %) et sols peu évolués (Dehss à 12, 8 %). D'autres part aux aménagements hydro-agricoles et par conséquence la politiques de l'ORMVAG encourageant la mise en œuvre du Plan Maroc Vert (voir annexe 4). Les principales productions de ces exploitations-types sont le blé tendre, le tournesol, la canne à sucre, la betterave à sucre, le bersim, l'arachide et le melon.

2.4 Exploitations-types : Oléagineux-Céréales_Fourrage-Cultures sucrières

Les exploitations Souck Larbâa_G1 et Souck Larbâa_G2 de type Oléagineux-Céréales_Fourrage-Cultures sucrières caractérisant le CDA de Souck Larbâa ont des SAU respectives de 5 et 14 ha. Elles représentent un effectif d'agriculteurs de l'ordre de 350 et occupent 1400 ha (soit 3,6 % de la SAU totale du bassin versant) (Tableau 40). Ce système doit aussi son existence aux conditions naturelles (sols de types vertisol (tirs à 96 %) et sols peu évolués (Dehss à 4 %). D'autres par à la politique régionale de l'Etat favorisant l'augmentation de la production des céréales et des cultures sucrières par la mise en place des aménagements hydro-agricoles. Les agriculteurs de Souck Larbâa cultivent du tournesol, du blé tendre, du bersim, de la canne et la betterave à sucre, des melons, du haricot sec et de l'avocatier (voir annexe 4).

2.5 Exploitation-types : Céréales_Fourrages_Cultures industrielles_Arboricultures

Les exploitations-types Céréales_Fourrages_Cultures industrielles_Arboricultures situé au niveau de Hraid sont représentées par deux sous-groupes : Hraird_G1 et hraid_G2. Hraird_G1 a une SAU de l'ordre de 5 ha. Elle représente un système de production d'un effectif total de 1200 agriculteurs soit 20 % des agriculteurs du bassin versant et occupe une SAU totale de l'ordre de 6000 ha soit 15 % de SAU totale du bassin versant (Tableau 40). Sur le plan pédoclimatique, ces exploitations sont conditionnées par un bioclimat semi-aride à une influence continentale et des sols de types vertisol hydromorphe (6 %) et sols peu évolués (Dehss à 9 %) Ferchach à 62, 4 % et hydromorphe à 22 %. Il s'agit de la partie de la réforme agraire. Il s'agit de la zone de production exclusive du riz (au niveau secteur C4 et N1-Riz) car aux aménagements hydro-agricoles et la présence d'oued Sebou et ses affluents. Les productions agricoles concernent notamment les céréales (blé et riz), les fourrages (bersim), et l'arboriculture (oranger) (voir annexe 4).

2.6 Exploitation-types : Maraichage_Fruits rouges

Les exploitations-types Maraichage_Fruits rouges caractérise le CDA de Lalla Mimouna. Leurs deux sous-groupes Lalla Mimouna_G1 et Lalla Mimouna_G2 ont des SAU respectives de 5 et 50 ha. Elles représentent un effectif d'agriculteurs de l'ordre de 94 dont 90 agriculteurs pour le G1 et 4 de type G2 (Tableau 40). Ces exploitations occupent 650 ha, soit 1,7 % d'assoler au niveau du bassin versant. Elles sont localisées essentiellement au niveau du secteur Drader à sols sablonneux et au niveau du secteur d'El Merja à sols argileux. Le bioclimat subhumide à influence océanique permet aux agriculteurs de Lalla Mimouna de pratiques une large gamme de cultures dont les principales sont : le melon, la pomme de terre, le fraisier, l'oranger, la canne à sucre, le blé tendre, le tournesol et le haricot vert, mais de ces cultures, la menthe et de l'avocatier (voir annexe 4).

Conclusion du chapitre VIII

Tous les éléments analysés dans ce chapitre mettent en exergue la diversité des formes que revêt l'agriculture du territoire de la Merja Zerga. Des stratégies et des tactiques différentes ont été adaptées au mode de faire-valoir des terres, à la structure des exploitations agricoles, aux conditions pédoclimatiques et aux aménagements hydro-agricoles. Ces facteurs utilisés pour la mise en place du mode de fonctionnement constituent des paramètres fondamentaux pour expliquer les différences d'orientations culturales et la diversité des systèmes de productions végétales. Deux mode de fonctionnement caractérisent le territoire : la diversification et la spécialisation. Ces deux modes de fonctionnement caractérisent les stratégies des exploitants face à la conjoncture économique régionale et nationale. La structure et le mode de faire-valoir ne sont pas les critères principaux pour le choix du mode de fonctionnement. On trouve une même stratégie de production sur des structures et des modes de faire-valoir différents. En contrepartie, le milieu pédoclimatique et l'aménagement hydro-agricole constituent des facteurs principaux dans le choix du mode de fonctionnement. Le regroupement de ces exploitations suivant des types de fonctionnements spatiaux constitue une synthèse de ces logiques de gestion de l'espace. Structure de l'exploitation, système de culture, inscription spatiale des exploitations au niveau du bassin versant sont autant de critères formalisés par ces types. Ainsi, cette construction synthétise la diversité des fonctions agricoles du territoire. Six grands systèmes de productions végétales résultent ont été définis: Maraichage_ Grandes cultures situé au niveau de la zone de Mnasra, Céréales_Oléagineux_Maraichage occupant le CDA de Sidi Mohamed Lahmar, Céréales_fourrages_Cultures industrielles_Arboricultures localisés au niveau de Hraid, Céréales_Oléagineux-Fourrage_Cultures sucrières caractérisant Souck Tlet, Oléagineux-Céréales_Fourrage-Cultures sucrières situé à Souck Larbaâ, Maraichage_Fruits rouges occupant la zone de Lalla Mimouna. Pour chaque système de de production végétale deux sous-groupes sont aussi définis en fonction de la surface des exploitations agricoles représentant ainsi l'effectif de chaque sous-groupe au sein du bassin versant. Pour chaque système de production végétale type est attribué un ensemble d'assolements potentiel. Ces originalités de gestion des exploitations agricoles suivant un fonctionnement spatial interrogent alors sur les pratiques phytosanitaires et leurs conséquences environnementales. Il nous faut au préalable établir le lien entre cette organisation spatiale des activités agricoles et ses conséquences environnementales en terme de définition des pratiques phytosanitaires. Cette étape fera l'objet du chapitre suivant (chapitre IX).

CHAPITRE IX

PRATIQUES PHYTOSANITAIRES ET CONTRIBUTION À LA POLLUTION PHYTOSANITAIRE DIFFUSE

Les agriculteurs sont les principaux acteurs des actions relatives à la pollution phytosanitaire diffuse d'origine agricole. Ce chapitre a pour objectifs de présenter et d'analyser leurs pratiques phytosanitaires et leurs stratégies de lutte. Nous avons vu dans le chapitre précédent à quel point les modalités de travail agricole sont variées. Ce chapitre pose alors la question de la traduction de ces modalités en termes de pratiques phytosanitaires. Autrement dit, nous allons essayer de comprendre comment l'organisation spatiale des activités agricoles construit une répartition de la pression phytosanitaire et des risques de toxicité humaine et environnementale.

Au niveau du territoire de la Merja Zerga où l'espace, par sa structure et les stratégies de gestion des agriculteurs ainsi que leur perception, régit fortement les choix de production et de système de culture, les pratiques phytosanitaires constituent une résultante des formes de cet espace.

Les procédés de perception de l'espace par les agriculteurs apparaissent également essentiels à la compréhension des pratiques phytosanitaires. L'appropriation de l'espace se limite à l'exploitation : Cette perception se traduit par un manque de responsabilisation environnementale. Leurs pratiques ne concordent pas avec les aménagements souhaités et les orientations données à ces territoires (protection de la réserve biologique de la Merga Zerga, des nappes souterraines). Pour exemple, l'intégration de l'exploitation dans les limites de la réserve biologie de la Merja Zerga n'est pas connue par les agriculteurs enquêtés.

Dans la mesure où les systèmes de culture (décrits au chapitre VIII) expriment une grand part des choix tactiques et renseignent sur les pratiques agricoles, la prise en compte des traitements phytosanitaires pour chaque culture ne suffit-elle pas à rendre compte de la diversité des pratiques phytosanitaires sur la zone ? Face aux contraintes identifiées à l'échelle de la région, du bassin versant et de l'exploitation, l'usage des pesticides est-il massif ? Quelles conséquences ont les pesticides sur la santé des agriculteurs et sur l'environnement ? Afin de répondre à ces questions nous présentons dans ce chapitre les résultats des entretiens avec l'échantillon d'agriculteurs choisi à dire d'experts. Sans remettre en cause le bon vouloir et l'honnêteté des agriculteurs, il est à rappeler qu'il est nécessaire de prendre les données avec précaution. Du fait qu'un grand nombre de nos agriculteurs est analphabète, ne connaissent pas exactement les quantités des produits appliqués par hectare et même parfois le nom de la préparation commerciale et aussi ne tiennent pas de registres de traçabilité pour la conduite de la culture. Pour pallier à ces insuffisances, nous complétons l'information orale par la recherche des emballages des produits pour s'en assurer. Néanmoins, ces données nous permettent de rendre compte des pratiques phytosanitaires et de leur diversité, du comportement des agriculteurs et de leur perception des effets des phytosanitaires sur la santé humaine et l'environnement. Cette structuration du chapitre renvoie à des concepts relatifs au niveau d'organisation et aux outils d'analyse rapprochant la géographie de l'agronomie. Nous les avons résumés dans leTableau 41.

Tableau 41. Territoires et outils d'analyse des pratiques phytosanitaires

Les pratiques phytosanitaires et leur contribution à la pression et les risques de toxicité humaine et environnementale	
Concepts agronomiques	Pratiques et techniques agricoles Lutte phytosanitaire
Concepts géographiques	Spatialisation des pratiques
Unités spatiales	Parcelle
Niveaux d'acteurs	agriculteurs
Sources d'information	Questionnaires semi-directs
Outils d'analyse	Statistique (technico-économique) SIG (Analyse spatiale) IFT, IRSA et IRTE

Source : Ayadi H., 2013

1. Diversité des itinéraires techniques et des assolements

Une analyse plus fine des systèmes de culture pratiqués au sein d'une nécessite de placer à l'échelle de la parcelle culturale. À cette échelle peut être identifié l'itinéraire technique avec précision (Maynard et David 1992). C'est seulement à ce niveau que peut être fait un diagnostic cultural mettant en relation l'itinéraire technique, les états du milieu et le peuplement végétal cultivé (Jouve, 1989). Les cultures agricoles de la zone d'études sont conduites suivant des itinéraires techniques différents, ces dernières dépendent des exigences des espèces végétales mais aussi des types des pressions parasitaires. D'où la question : les produits utilisés et les charges varient-ils d'une culture à l'autre ? Afin de répondre à cette question nous présentons dans ce qui suit les fiches techniques validées par les acteurs du terrain (agents des ORMVA du Gharb et du Loukkos, phytiatres et agronomes de l'IAV Hassan II) pour chaque catégorie de cultures : céréales, oléagineux, légumineuses, fourrage, maraichage, bananier, fruits rouges, arboriculture et cultures sucrières (canne à sucre et betterave à sucre).

1.1 Cultures sucrières : la canne et la betterave à sucre

Au niveau du bassin versant de la Merja Zerga les cultures sucrières pratiquées sont la canne à sucre et la betterave à sucre. L'analyse des enquêtes de terrain a révélé que 5 exploitants sur les 65 enquêtés pratiquent la culture de la betterave à sucre et 11 agriculteurs pratiquent la culture de la canne à sucre, soient respectivement 8 % et 17 % de l'effectif d'agriculteurs enquêté. En revanche aucun d'entre eux ne pratiquent les deux cultures en même temps. Le taux plus élevé d'agriculteurs pratiquant la culture de la canne à sucre est due à la non-maitrise des traitements, en ce qui concerne la betterave à sucre, contre une gamme de maladies et ravageurs en l'occurrence le Cléon Mendiant. Cela peut aussi être expliqué par les conditions pédoclimatique. Sur des sols lourds, la canne à sucre réalise des performances techniques considérables en comparaison à la betterave à sucre. La betterave à sucre est sujette aux risques d'asphyxiées en cas de forte pluie après une irrigation.

1.1.1 Conduite technique et consommation en pesticides

Les betteraves sucrières sont caractérisées par une croissance lente et une fermeture tardive des rangs. Il est donc important que la concurrence des adventices reste faible entre le stade 2 et 6 feuilles de la betterave sucrière. Des pertes totales peuvent survenir si aucune mesure de contrôle des adventices n'est appliquée en raison de la faible capacité de concurrence de la betterave sucrière au stade juvénile. Au niveau du bassin versant de la Merja Zerga, la lutte contre les adventices se fait manuellement par une main d'œuvre salariale ou familiale. Les besoins en main-d'œuvre pour la lutte manuelle contre les adventices sont l'élément décisif de la rentabilité économique de la culture de betterave à sucre. Pour minimiser le coût de la main d'œuvre un des cinq agriculteurs a recours à des traitements herbicides.

En revanche les insectes et les maladies fongiques exigent des traitements phytosanitaires. Les altises, les tipules, les limaces, les dégâts de casside et le pied noir sont les plus grands problèmes dans le domaine de la protection phytosanitaire de la betterave à sucre. Selon les modalités de conduites de la betterave à sucre trois types de produits phytosanitaires (insecticide, fongicide et herbicide) sont utilisés. Suivant l'utilisation des phytosanitaires, l'analyse des itinéraires techniques pratiqués par les agriculteurs enquêtés montre que la culture est conduite suivant deux types: un ITK à bas intrants représenté par ITK du BAS 11 et un ITK à fort intrant représenté par le BAS 19 (annexe 5).

En comparant les ITK de la betterave à sucre à celle de la canne à sucre on constate qu'elle nécessite peu de phytosanitaires, essentiellement des herbicides. Ceci est le résultat d'un recours à des résistances variétales (Allali et Enahari 2001; Aabad 2008). Les produits phytosanitaires utilisés par les agriculteurs enquêtés sont au nombre de quatre : un fongicide avec deux matière actives (Carbendazime et Flutriafol) et trois herbicides dont leurs matières actives sont 2_4 D, MCPA_sels d'amine et Florasulman. Selon les pratiques phytosanitaires, la culture de la canne à sucre est pratiquée suivant trois ITK. Parmi les itinéraires techniques recueillis lors des enquêtes de terrain, trois peuvent représenter la typologie des ITK. Il s'agit de l'itinéraire CAS 8 comme itinéraire à bas intrants, celui de CAS 40 comme itinéraire à moyen intrants et le CAS 40 comme itinéraires à fort intrants (annexe 5).

1.1.2 Rentabilité des cultures sucrières

Au niveau de la région du Gharb-Chrarda-Bni-Hssen ainsi que du bassin versant de la Merja Zerga, les cultures sucrières jouent un rôle important dans le développement local à travers la dynamique qu'elles créent, tant sur le plan agricole (culture locomotive en matière de transfert de nouvelles technologies) que socio-économique (amélioration et sécurisation des revenus des agriculteurs, garantie de l'écoulement par le biais de la COSUMAR, création de l'emploi, contribution à l'alimentation animale, etc). Elles sont considérées par les agriculteurs comme des cultures de sécurité, la commercialisation est assurée (contrats avec COSUMAR). Elle permet à l'agriculteur d'avoir un encadrement technique, des avances de semences, de produits phytosanitaires, une marge brute suffisante et des avances financières pour la gestion de l'exploitation.

Selon les conditions pédoclimatiques et l'itinéraire technique, la betterave à sucre génère une marge brute de l'ordre de 8600 DH/ha de pour un rendement 45 T/ha de conduit suivant un ITK bas intrant et de l'ordre de 9623 DH/ha pour un rendement de 50 T/ha suivant un ITK à fort intrant (Tableau 42). La faiblesse de la marge est due au coût de la main d'œuvre. La culture de la betterave est très exigeante en main d'œuvre (138 jours de travail par hectare). Elle peut entrer en compétition avec les autres activités en particulier l'élevage. Lorsque la superficie allouée à cette culture dépasse un hectare, la main d'œuvre familiale s'avère insuffisante. Nos résultats se rapprochent des résultats de Harbouze (2009) d'après son étude économique effectuée au niveau de la zone centrale sur des productions de betterave à sucre conduite sous irrigation par aspersion. D'après cet auteur un hectare de betterave à sucre produit 48 tonnes et génère une marge de l'ordre de 10 428DH/ha (Harbouze 2009). Sous irrigation gravitaire la culture de betterave à sucre peut s'avérer de grande productivité. Son rendement peut atteindre 90 à 100T/ha et 120T/ha sous irrigation localisée.

Tableau 42. Rentabilité de la betterave à sucre suivant le type d'ITK

BAS	Rendements (T/ha)	Marge brute (DH/ha)	Marge Brute moyenne de la culture (DH/ha)
ITK bas intrant	45	8600	9111
ITK fort intrant	50	9623	

Source : Travail sur Olympe, Ayadi H., 2012

L'analyse du coût de la production montre que le coût des phytosanitaires constitue plus que la moitié des charges opérationnelles, soit 56 % pour la betterave à sucre de l'exploitation 11 et 52 % de la betterave à sucre de l'exploitation 19 (Figure 54).

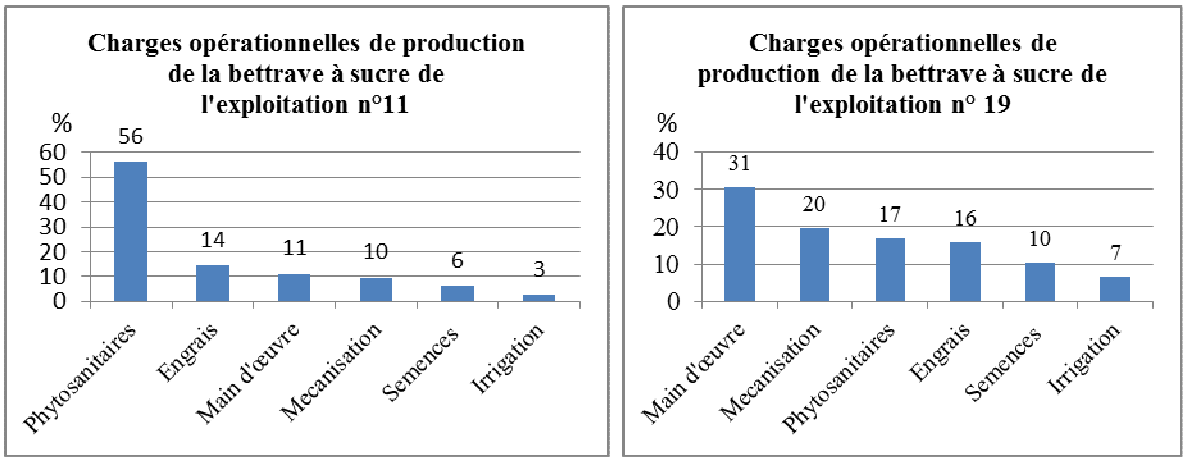


Figure 54. Part des charges phytosanitaires dans les charges opérationnelles des différents ITK de la betterave à sucre (Source : Travail sur Olympe, Ayadi H., 2012)

En revanche, la canne à sucre peut s'avérer plus importante au sein des systèmes de production, du fait qu'elle est peu exigeante en main-d'œuvre (sauf pour la récolte qui absorbe environ 57 jours/ha).

Suivant les modalités de conduite technico-économique, la canne à sucre peut générer une marge brute à l'hectare de 4445 DT/ha pour 80 T/ha issu d'un ITK bas intrant à 7886 DH/ha pour un rendement de 120 T/ha issu d'un ITK à fort intrant (Tableau 43). La comparaison des résultats à d'autres issus de la littérature montre que les rendements sont élevés mais qui génèrent des marges relativement faibles. Selon Harbouze 2009 un hectare de canne à sucre conduit sous irrigation par aspersion produit 70 T et génère une marge brute de l'ordre de 7600DH/ha.

Tableau 43. Rentabilité de la canne à sucre suivant le type d'ITK

CAS	Rendements (T/ha)	Marge Brute (DH/ha)	Marge Brute moyenne de la culture (DH/ha)	Coût phytosanitaire en (%) des charges opérationnelles
ITK bas intrant	80	4445	5994	16
ITK moyen intrant	110	5650		2
ITK fort intrant	120	7886		11

Source : Travail sur Olympe, Ayadi H., 2012

L'analyse des charges opérationnelles montre une discordance entre la pression phytosanitaire et les prix des produits phytosanitaires. Les charges phytosanitaires de l'ITK à bas intrant présentent 16% des charges opérationnelles alors que pour l'ITK moyen intrant les charges phytosanitaires sont de 2% (Tableau 43 et annexe 5).

1.2 Céréales

La principale céréale du bassin versant est le blé tendre. Sur les 65 agriculteurs enquêtés 19 pratiquent la culture du blé, soit 29% de l'échantillon. Sur les 19 agriculteurs trois seulement pratiquent aussi la culture du blé dur sur 20% de la surface en blé.

1.2.1 Conduite technique et consommation en pesticides

Au niveau bassin versant l'utilisation des pesticides dans les itinéraires techniques du blé est surtout marquée par l'utilisation des herbicides. Sur les sept produits phytosanitaires utilisés pour le blé tendre, on note cinq herbicides constitués de cinq matières actives (2,4D, Florasulman, MCPA_sels d'amine, Clodinafop propagyl et Cloquintocel méxyl), un insecticide (Chlorpyriphos éthyl) et un fongicide constitué par deux matières actives (Carbendazime et Flutriafol). Les études sur la compétition des mauvaises herbes vis-à-vis du blé ont permis de montrer que les adventices non contrôlées avant tallage peuvent engendrer une perte de rendement dépassant 20% (Bouhache 2002). Suivant les pratiques phytosanitaires des 19 agriculteurs, les ITK du blé ont été classé en trois ITK: ITK à bas intrant représenté par le blé tendre 41, ITK à moyen intrant représenté par le blé tendre 9 et ITK à fort intrant représenté par le blé tendre 53 (annexe 5).

1.2.2 Plan économique

Le blé est une culture qui fait partie intégrante du paysage rural de la zone, pour la simple raison qu'il constitue la base de l'alimentation et qu'il est moins exigeant en moyens et facteurs de production comparativement aux autres cultures. Les exploitations disposant de peu de moyens financiers font d'abord et avant tout du blé pour l'alimentation des membres de l'exploitation. En plus de ce rôle traditionnel, le blé est une culture marchande quand les rendements sont bons, les surplus en sus de l'alimentation sont vendus pour apporter des revenus complémentaires au foyer. Par ailleurs, la culture du blé permet d'interrompre les cycles des parasites et des ravageurs pour les cultures maraichères. Il est de grande importance pour l'alimentation du bétail par sa paille, compte tenu de l'augmentation continu du cheptel bovin laitier et ovin. Pour faire face au manque de parcours, les agriculteurs laissent les animaux paître les chaumes pendant une période pouvant atteindre cinq mois.

Au niveau des grandes entreprises agricoles, le blé occupe une grande importance dans les assolements. D'une part, il permet de générer des revenus à moindre coût. D'autre part, ce type d'exploitations peut investir sans grandes difficultés dans la conduite du blé sous fertilisation et la génération de rendements qui érigent le blé au niveau de rentabilité de certaines cultures irriguées. Sept exploitants sur les 19 pratiquant la culture du blé ont une SAU supérieure à 10 ha. Suivant les modalités de conduite, la culture du blé tendre génère une marge brute de 5500 DH pour un rendement de l'ordre de 2,5 T/ha à 8227 DH/ha pour un rendement de l'ordre de 4 T/ha (Tableau 44). Ces chiffres concordent avec ceux trouvés par Harbouze (2009) pour des exploitations qui produisent du blé tendre sous irrigation par aspersion au niveau de la zone centrale du Gharb.

Tableau 44. Rentabilité de la culture du blé tendre

Blé tendre	Rendements (T/ha)	Marge Brute (DH/ha)	Marge Brute moyenne de la culture (DH/ha)	Coût phytosanitaires en (%) des charges opérationnelles
ITK bas intrant	2,5	5500		10
ITK moyen intrant	3	5923		2
ITK fort intrant	4	8227	6550	14

Source : Travail sur Olympe, Ayadi H., 2012

Il ressort de l'analyse des charges opérationnelles que le coût des phytosanitaires ne dépassent pas 14 % (Tableau 44 annexe 5). En revanche il n'y a pas de corrélation entre la pression phytosanitaire et le coût.

1.3 La riziculture

Le riz est une culture introduite dans le Gharb pendant les années 30 (ORMVAG, 1974), du fait qu'il s'accommode bien avec des sols lourds d'une capacité de retentions très élevée et

une infiltration de l'eau très faible. Au niveau bassin versant, le riz est cultivé par des exploitations de la réforme agraire des secteurs hydro-agricoles : C riz et C4. La culture est conduite comme une culture industrielle. Les riziculteurs fournissent la quasi-totalité de leur production aux rizeries pour l'usinage et la commercialisation.

1.3.1 Conduite technique et consommation en pesticides

D'après, nos entretiens avec les agents de l'ORMVAG, la culture du riz est consommatrice de phytosanitaires. Vue que la culture est encadrée par l'ORMVAG et le type de sol est le même sur les deux secteurs, un seul exploitant a été enquêté. Quatre produits phytosanitaires sont utilisés pour cette culture : deux herbicides avec trois matières actives (2,4D, MCPA_sels d'amine et Cyhalofop butyl), un insecticide (Chlorpyriphos éthyl) et un fongicide avec deux matières actives (Carbendazime et Flutriafol) (annexe 5).

1.3.2 Rentabilité du riz

Dans le territoire de la Merja Zerga, le riz produit un rendement de l'ordre de 8 tonnes par hectare. Il dégage une marge brute à l'hectare de l'ordre de 5630 DH/ha (Tableau 45). Les charges en phytosanitaires ont un poids considérables dans les charges opérationnelles (Figure 55). Elles représentent 18 % des charges opérationnelles. En revanche, elles sont moins élevées par rapport aux coûts des semences et des engrais, qui représentent respectivement 45 % et 22 % des charges opérationnelles de la culture.

Tableau 45. Rentabilité de la culture du Riz

Riz	Rendements (T/ha)	Marge brute Marge Brute (DH/ha)
ITK bas intrant	8	5630

Source : Travail sur Olympe, Ayadi H., 2012

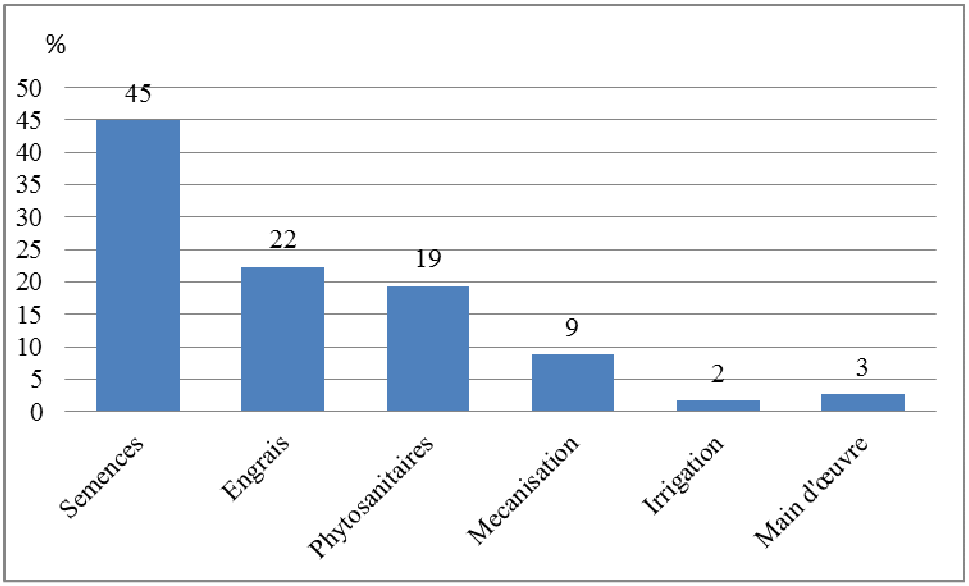


Figure 55. Part des charges phytosanitaires dans les charges opérationnelles de la culture du riz de l'exploitation n°2 (Source : Travail sur Olympe, Ayadi H., 2012)

1.4 Les cultures fourragères : le bersim

Le bersim constitue la principale culture fourragère du bassin versant. La culture occupe une place primordiale dans les stratégies des agriculteurs. Elle détermine en particulier le fonctionnement de l'élevage laitier. Ce dernier représente une valeur refuge plus sûre que le réinvestissement dans d'autres activités agricoles. Le cycle d'exploitation du bersim s'étale du mois de décembre au mois de juin. En revanche le maïs fourrage demeure peu pratiqué dans le périmètre. Cela est dû à la non maîtrise des techniques d'ensilage et malgré les efforts de sensibilisation menés par l'ORMVAG. Il est souvent pratiqué après le bersim ou la betterave. Sa culture est pratiquée surtout le long de l'oued et dans les grandes exploitations. Sur les 65 agriculteurs enquêtés 17 pratiquent la culture du bersim. Sur ces 17 exploitations, seulement trois pratiquent aussi la culture du maïs fourrage, soit respectivement 26 % et 5 % de l'échantillon.

1.4.1 Conduite technique et consommation en pesticides

Les modalités de conduite des cultures fourragères au niveau du bassin versant sont très diversifiées. Du fait que nous ne disposons que de trois ITK pour le maïs fourrage, seules les techniques de conduites du bersim sont présentées. Par crainte d'intoxication du bétail, 11 agriculteurs sur les 17 (soit 65%) cultivant le bersim ne font aucun traitement phytosanitaire. L'analyse des ITK de conduite du bersim a révélé trois modes de conduite de la culture du bersim : selon un ITK sans phytosanitaire (classé ITK à bas intrant : bersim 12), selon ITK moyen intrant (bersim 19) et selon un ITK fort intrant (bersim 35) (annexe 5).

1.4.2 Plan économique

La spéculation du bersim génère une marge brute qui varie de 3575 DH/ha pour un rendement issu d'un ITK sans phytosanitaire à 6981 DH/ha pour un rendement de 15 T/ha de matière sèche (Tableau 46). Ces résultats se situent dans la moyenne de la rentabilité économique de la région du Gharb (Harbouze 2009). D'après le même auteur, conduit sous irrigation gravitaire, le bersim peut générer jusqu' à 9827 DH/ha (Harbouze 2009).

Tableau 46. Rentabilité de la culture du bersim

Bersim	Rendements (T/ha)	Marge Brute (DH/ha)	Marge Brute moyenne de la culture (DH/ha)	Coût phytosanitaire en (%) des charges opérationnelles
ITK bas intrant	5	3575	5319	0
ITK moyen intrant	8,5	5400		46
ITK fort intrant	15	6981		5

Source : Travail sur Olympe, Ayadi H., 2012

Selon l'ITK, les charges phytosanitaires varient de 0 % à 46 % des charges opérationnelles moyennes de la culture. Mais le coût de phytosanitaires n'est pas proportionnel à la pression. S'il ne présente que 5% pour ITK à fort intrant, celui-ci est de 46 % pour l'ITK moyen intrant (Tableau 46).

1.5 Le maraîchage très demandeur en phytosanitaires

Les superficies du maraichage ont effectivement connu un accroissement et une intensification notoires en zones irriguées. L'importance de ces cultures réside essentiellement dans la diversité des débouchés pour les productions à savoir le marché intérieur, l'agro-industrie et le marché d'exportation. Le maraîchage occupe aussi une place de choix dans les habitudes alimentaires et leurs cultures sont très pratiquées surtout sur les périphéries des zones équipées. 21 agriculteurs de la zone d'étude intègrent des cultures maraîchères dans leur système de production. Il s'agit de 32 % de l'échantillon. Le maraichage du bassin versant est très diversifié. De nombreuses espèces végétales sont cultivées en plein champ. Seuls les itinéraires des cultures dont les emblavements sont élevées ont fait l'objet d'une analyse en termes d'itinéraires technico-économiques, il s'agit de la tomate, la laitue, le melon, le poivron, l'aubergine et la pomme de terre.

1.5.1 Conduite technique et consommation en pesticides

Ces cultures sont très demandeuses en produits phytosanitaires. L'analyse des ITK a montré que le maraichage demande trois à six traitements en moyenne. 16 produits phytosanitaires différents ont été recensés.

La tomate cultivée en plein champ concerne douze agriculteurs, soit 18 % de l'échantillon et 57 % des maraichers. Son cycle de vie varie de trois à cinq mois. L'espèce est sujette aux champignons et maladies ainsi qu'à des attaques par des insectes. Le Bénalaxyl, Mancozèbe, Métalaxyl et la Difénoconazole sont les matières actives utilisées comme fongicides, Thiametoxam et Indoxacarbe comme insecticides. L'utilisation de ces pesticides est dépendante des attaques et de l'état des fruits (annexe 5). Selon les modalités de conduites phytosanitaires, l'analyse des ITK issus de nos enquêtes de terrain montre que la tomate est cultivée au niveau du bassin versant selon trois ITK, représenté par tomate de l'exploitation n°15 pour l'ITK à base intrants, la tomate de l'exploitation n°23 pour l'ITK moyen intrant et la tomate de l'exploitation n°29 pour ITK fort intrant.

Fongicides et insecticides sont également utilisés de façon régulière pour la conduite du poivron. Les produits commerciaux sont composés de deux matières actives : Imidaclopride et Chlorpyriphos éthyl. Selon les modalités de conduites phytosanitaires, le poivron est cultivé au niveau du bassin versant selon deux ITK, représentés par poivron de l'exploitation n°26 pour l'ITK à bas intrant, et le poivron de l'exploitation n°55 pour ITK fort intrant. On ne dispose pas d'ITK moyen intrant pour le poivron.

La laitue est cultivée par deux agriculteurs de l'échantillon enquêté dont un est certifié GAP, sa production destinée à l'export, est traité par trois produits phytosanitaires: Singnum et switch comme fongicides et Lannate en insecticide. L'analyse des ITK et des pratiques phytosanitaires des trois agriculteurs, nous a permis de dégager un seul type de l'ITK suivant le quel est pratiqué la culture de la salade verte. Il s'agit d'un ITK à moyen intrant

Compte au Melon, l'analyse des ITK a révélé qu'il s'agit d'une culture maraichère sujette aux attaques des ravageurs et maladies. Cinq produits phytosanitaires sont appliqués par l'agriculteur n° 22 dont leurs matières actives sont : Indoxacarbe et Thiametoxam pour la lutte contre les insectes et Hexaconazole et Mancozèbe comme fongicides. L'analyse des ITK du melon nous a permis de les classer en trois types représentés par le melon 32 comme ITK à base intrants, le melon 15 comme ITK à moyen intrant et le melon 29 comme ITK fort intrant (annexe 5).

L'aubergine est une culture maraichère pratiquée par cinq agriculteurs de l'échantillon. Elle ne demande pas des grandes quantités de produits phytosanitaires. En moyenne un à deux produits commerciaux sont appliqués. Nous mentionnons l'exemple d'un fongicide appliqué par l'agriculteur n° 26 et dont la matière active est le Mancozèbe.

La pomme de terre est pratiquée par trois agriculteurs de l'échantillon. Elle est demandeuse en phytosanitaires. Pratiquée au niveau de Mnasra et Lalla Mimouna, l'humidité océanique et la chaleur la sensibilise aux insectes et aux champignons. Quatre fongicides sont utilisés par l'agriculteur n°1 composés de quatre matières actives (Métalaxyl, Bénalaxyl, Mancozèbe et Chlorothalonil) dont trois sont utilisés par l'agriculteur n°61 en plus d'un insecticide (Métfénoxame) (annexe 5).

1.5.2 Rentabilité économique

En dépit de leur exigence en phytosanitaires les cultures maraichères et la prédominance de trois principales spéculations : la pomme de terre de saison, le melon et la tomate industrielle, elles sont de grande rentabilité économique pour l'agriculteur (Tableau 47). En revanche la comparaison des résultats sur les deux cultures à ceux issus de l'étude de Harbouze (2009) montre que nos rendrement sont plus faibles et que nos marges brutes sont plus élevées. D'après l'auteur la tomate industrielle peut produire jusqu'à 90 T/ha et ne génère qu'une marge brute de l'ordre de 20 665 DH/ha (Harbouze 2009).

Tableau 47. Rentabilité des cultures maraichères suivant le type d'ITK de l'agriculteur

Culture	ITK_Type	Rendement (T/ha)	Marge Brute (DH/ha)	marge moyenne culture (DH/ha	Coût phytosanitaires en (%) des charges opérationnelles
Tomate industrielle	ITK bas intrant	45	64202	73696	4
	ITK moyen intrant	49	83190		7
	ITK fort intrant	60	89018		18
Poivron	ITK bas intrant	30	20717	37370	1
	ITK moyen intrant	35	54023		2
Laitue	ITK moyen intrant	31,5	44008	44008	3
Melon	ITK bas intrant	25	51700	54063	6
	ITK moyen intrant	30	55190		18
	ITK fort intrant	35	55300		4
PT 1	ITK moyen intrant	30	15662	18369	4
		35	21075		1
Aubergine	ITK bas intrant	7	1319	8037	1
	ITK moyen intrant	20	14754		1

Source : Travail sur Olympe, Ayadi H., 2012

Malgré la grande demande des cultures maraichères en phytosanitaires, le coût de ces produits ne dépasse pas le 20 % des charges opérationnelles. Il varie entre 1 % et 18 % selon l'ITK_Type. Cette variation est disproportionnelle à la demande en quantité phytosanitaire. Le coût des phytosanitaires représente un taux faible des charges opérationnelles pour les cultures les plus rentables (Tableau 47 et annexe 5).

1.6 Les cultures sous serre : bananier et fruits rouges (fraisier et framboisier): une forte pression parasitaire

Au niveau du bassin versant de la Merja Zerga, les principales cultures sous serre sont le bananier et les fruits rouges essentiellement fraisiers et framboisiers. Ces cultures se concentrent au niveau du CDA de Mnasra et de Lalla Mimouna. Sept agriculteurs (soit 10 % de l'échantillon) cultivent de la banane dont la durée de mise en place est de 2 et 4 ans. Cette durée dépend fortement du choix du système de cultures ; six agriculteurs (soit 9 % de l'échantillon) font de la fraise et trois autres (3 % de l'échantillon) de la framboise sous serre

ou en plein champ. Les ITK de ces trois cultures se caractérisent par l'intensité et la technicité des pratiques agricoles.

1.6.1. Traitements phytosanitaires

La banane est une culture sujette à des nombreuses attaques d'insectes (nématodes, charançons, thrips) et à de fréquentes maladies (cercosporiose jaune). Cela suscite une forte utilisation de phytosanitaires. Nous avons recensé huit insecticides dont leurs matières actives sont (Cadusafos, Abamectin, Chlorpyriphos éthyl, Indoxacarbe, Méthomyl, Fosthiazate) et trois fongicides composés de quatre matières actives (Difénoconazole, Thiophanate méthyle, Carbendazime, Flutriafol) avec une moyenne de quatre insecticides et deux fongicides.

Quant au fraisier et au framboisier, ces espèces qui préfèrent des terres chaudes à texture légère et qui craignent les sols compacts ou non drainants, elles sont menacées par de nombreux ennemis. Les principales maladies sont : (1) la pourriture du rhizome (*Phytophtora cactorum*), (2) la maladie du cœur rouge du fraisier (*photophtore fragaria*), (3) l'oidium (*sphaerotheca macularis*); (4) la pourriture grise (*Botrytis-cineria*). Les ravageurs sont nombreux (Nématodes, Acariens, Pucerons). Sur ces cultures cinq insecticides (Dursban 4, Vertimec**,** Dipel PM, Limocide) et quatre fongicides dont les mactières actives sont : Carbendazime, Flutriafol**,** Azoxystrobine, Boscalid et Pyraclostrobine) sont appliqués par les agriculteurs enquêtés avec une moyenne de trois insecticides et deux fongicides.

Dans l'analyse des ITK nous avons constaté la non-utilisation des herbicides. Les agriculteurs font des désherbages mécaniques par binage ou manuel à l'aide de la main d'œuvre salariale ou familiale. Cette analyse nous a permis aussi de classer les ITK du bananier et des fraisiers selon l'intensité de recours aux phytosanitaires, la marge brute et les rendements en trois types: ITK bas intrant, moyen intrant et fort intrant représenté respectivement par bananier n°1, le bananier n° 25, le bananier n°23, le fraisier 10, le fraisier 7 et le fraisier 34. En revanche un seul ITK a été déterminé pour la culture du framboisier : ITK fort intrant présenté par le framboisier 7 (annexe 5).

1.6.2 Rentabilité économique

Les cultures de bananes et de fruits rouges nécessitent des grands investissements. Les coûts des produits phytosanitaires, suivant le système de culture, l'ITK, varient de 3 % pour un bananier à 24 % pour un fraisier cultivés suivant un ITK bas intrant. On constate une dysproportionnalité entre le coût des produits phytosanitaires et le taux de pression phytosanitaire. La marge brute à l'hectare dégagée par le bananier et le fraisier est importante. Elle est de plus que 200 000 DH/ha en moyenne et de plus de 60 000 DH/ha pour le framboisier (Tableau 48). Ces résultats concordent avec ceux de Harbouze (2009) issus de son étude sur des exploitations maraichères de la zone côtière.

Tableau 48. Rendements, marges brute et coûts des phytosanitaires suivant les ITK-types du bananier et les fruits rouges

Culture	ITK_Type	Rendement (T/ha)	Marge brute (DH/ha)	Marge moyenne culture (DH/ha)	Coût des phytosanitaires (%) des charges opérationnelles
Bananier	ITK bas intrant	35	213890	255317	3
	ITK moyen intrant	40	269900		23
	ITK fort intrant	48	282160		15
Fraisier	ITK bas intrant	40	227042	229241	24
	ITK moyen intrant	40	231440		6
	ITK fort intrant	45	267020		8
Framboise	ITK fort intrant	7	63020	63020	9

Source : Travail sur Olympe, Ayadi H., 2012

1.7 Les oléagineux : le tournesol

Au niveau du bassin versant, 11 agriculteurs enquêtés pratiquent la culture du tournesol, soit 16 % de l'échantillon. La plante résiste à la sécheresse et permet la valorisation de l'eau disponible. Après les inondations ou l'excès d'eau, il existe un marché pour la production que se soit pour la trituration des graines ou pour la consommation humaine directe.

Dans les zones non équipées le tournesol est souvent conduit en irrigué tout comme des cultures maraîchères. Le tournesol peut jouer incontestablement un rôle dans l'élévation des taux d'emblavement pour peu qu'il soit considéré comme culture à part entière et non de rattrapage. Il vient généralement après un blé qui a échoué à cause des excès d'eau. Certains agriculteurs, pour maximiser la marge brute, procèdent au tamisage et vendent les grosses graines pour la consommation de bouche alors que les petites graines sont écoulées pour la trituration et la production d'huile.

1.5.1. Traitements phytosanitaires

La culture du tournesol est soumise à des défaillances techniques telles que, la non adéquation de la préparation du sol, le semis à la volée, l'utilisation des semences locales, l'insuffisance et le retard des apports en fertilisants, etc. En revanche, elle est peu demandeuse en phytosanitaires. Trois produits sont utilisés par les agriculteurs principalement des insecticides et des fongicides dans le cas des ITK types, deux insecticides (Méthomyl et Indoxacarbe) et un fongicide avec deux matières actives (Carbendazime et Flutriafol) sont utilisés (annexe 5).

1.7.2 Rentabilité économique

Sur le plan économique, les charges de la culture ont considérablement augmenté durant les dix dernières campagnes. La culture n'a pas bénéficié d'incitations spécifiques de la part de l'État (achat de semences, difficultés d'accès au crédit agricole, …). La comparaison des rendements et des marges brutes (Tableau 49) montre que la rentabilité économique de la culture du tournesol a de même augmenté par rapport aux années passées. Du fait que Harbouze (2009) montre qu'un rendement de 1,5 T/ha génère une marge brute de l'ordre 288 DH/ha.

Tableau 49. Rendements marge brute et coût des phytosanitaires de la culture du tournesol

Tournesol	Rendement (T/ha)	Marge Brute (DH/ha)	Marge moyenne culture (DH/ha)	Coût des phytosanitaires (%) des charges opérationnelles
ITK bas intrant	1,2	11764		4
ITK moyen intrant	1,5	12510		7
ITK fort intrant	2	17314	13862,7	7

Source : Travail sur Olympe, Ayadi H., 2012

1.8 Les légumineuses

Les principales légumineuses du bassin versant sont l'arachide, le pois-chiche, le haricot sec le haricot vert, la fève et la féverole. L'importance des légumineuses en tant que source de protéines pour l'alimentation humaine et animale et leur rôle dans l'amélioration de la fertilité des sols ne sont plus à démontrer.

La filière des légumineuses souffre de nombreux handicaps. En effet, la conduite technique des cultures reste traditionnelle (la non utilisation des semences sélectionnées, faiblesse des intrants) ; les conditions de stockage au niveau des exploitations agricoles sont mauvaises, ce qui expose les grains aux attaques des insectes. Au niveau de la zone d'étude cinq agriculteurs de l'échantillon enquêtés pratiquent la culture de l'arachide. Seul l'agriculteur n° 64 traite les adventices moyennant le Linuron. Les autres utilisent seulement des insecticides (Méthomyl).

Sur la culture du pois-chiche, d'après les ITK, cinq insecticides sont appliqués (Alphacypermethrine, Diméthoate, Chlorpyriphos-méthyl, Chlorpyriphos ethyl). En revanche, les cinq agriculteurs cultivant le haricot ne traitent que par des fongicides, tel que la Carbendazime, le Flutriafol, le Mancozèbe et le Métalaxyl.

Les légumineuses produites dans le bassin versant de la Merja Zerga se caractérisent par des rendements de l'ordre de 1.2 T/ha pour le haricot sec à 8 T/Ha pour le haricot vert. Elles génèrent des marges brutes qui varient suivant l'ITK dont la plus faible est celle du haricot vert (soit 1295 DH/ha) et la plus élevée est celle de pois-chiche (soit 1530DH/ha) (Tableau 50). Ces résultats concordent moyennement avec les résultats de Harbouze (2009). Pour cet auteur une arachide cultuvée au niveau de la zone côtière produit 3,5 T/ha et génère une marge brute de l'ordre de 14400 DH/ha (Harbouze 2009).

Tableau 50. Rendements, marge brute et coût des phytosanitaires des légumineuses

Culture	Type d'ITK	Rendement (T/ha)	Marge Brute (DH/ha)	Marge moyenne culture (DH/ha)	Coût des phytosanitaires (%) des charges opérationnelles
Arachide	ITK bas intrant	2,16	6363	6363	3
Haricot sec	Bas intrant	1,2	1588	2995	1
	Moyen intrant	1,6	4401		3
Haricot vert 26	Bas intrant	8	1295	1295	1
Pois chiche Pois	Bas intrant				
	Moyen intrant	2	12802	14051	1
	Fort intrant	2	15300		16

Source : Travail sur Olympe, Ayadi H., 2012

1.9 Arboriculture fruitière

L'arboriculture fruitière (avocatier et oranger) concerne trois exploitations pour l'avocatier et deux pour l'oranger du bassin versant. Aucun herbicide n'est appliqué pour le traitement des orangers et un seul pour les traitements des avocatiers dont les matières actives sont le Glyphosate et l'Oxyfluorfen. La lutte contre les organismes nuisibles de l'avocatier se fait par Fosétyl-Aluminium, Cyperméthrine contre les maladies cryptogamiques, Bifenthrine et Méthomyl pour combattre les insectes. Les arboriculteurs utilisent parfois les mêmes produits que ceux sur le maraichage, cas de Lannette (annexe 5).

Les deux cultures (avocatier et oranger) sont de grande rentabilité économique. Selon le type d'ITK la marge brute peut atteindre jusqu'à 22 300 DH/ha pour l'oranger et 55 126 DH/ha pour l'avocatier (Tableau 51). Ces résultats ne coordonnent pas à ceux trouvés par Harbouze 2009). D'après cet auteur un hectare d'agrume produit en moyenne 37 T/ha et génère une marge brute de l'ordre de 20234 DH/ha (Harbouze 2009).

Tableau 51. Rendements, marge brute et coût des phytosanitaires de l'arboriculture fruitière

Oranger	Rendement (T/ha)	Marge Brute (DH/ha)	Marge moyenne culture (DH/ha)	Coût des phytosanitaires (%) des charges opérationnelles
ITK moyen intrant	19	13433	17867	8
ITK fort intrant	23	22300		12
Avocatier				
ITK bas intrant	7	55 126	44453	1
ITK moyen intrant	12	33780		4

Source : Travail sur Olympe, Ayadi H., 2012

1.10 Les plantes aromatiques : menthe

Un seul agriculteur enquêté intègre la menthe dans son système de production sur une superficie de 100 m^2. La menthe (*Mentha viridis*) est originaire de la Méditerranée. Elle est connue depuis longtemps au Maroc pour l'aromatisation du thé. La menthe verte est disponible tout au long de l'année mais avec une baisse sensible de l'offre en hiver. Le rendement se situe à 4 à 6 tonnes de matière sèche par hectare et par coupe. Le système racinaire de la menthe est peu profond. Il exige donc un sol peu compact, perméable et légèrement argileux. Le sol sablonneux n'est pas conseillé pour la culture de la menthe. Celle-ci nécessite un sol à forte teneur en matière organique. Étant vivace, il est recommandé cependant de recommencer la plantation après 3 ans de culture. Un précédent cultural de céréale (blé en orge) ou de culture maraîchère (oignon ou pomme de terre) est bénéfique pour la menthe.

Pour la lutte contre les espèces compétitives, l'agriculteur a fait un désherbage chimique par le Prolinuron comme traitement phytosanitaire (annexe 5). La culture génère une marge brute de l'ordre de 628363DH /T pour un rendement de 6 tonnes par hectare (Tableau 52).

Tableau 52. Fiche économique de la menthe

Menthe 58	Rendement (T/ha)	Marge brute (DH/ha)
ITK fort intrant	6	628363

Source : Travail sur Olympe, Ayadi H., 2012

Le coût plus élevé est celui des engrais, qui représente 61% des charges opérationnelles. Le coût des phytosanitaires ne s'élève à 10 % des charges opérationnelles (Figure 56).

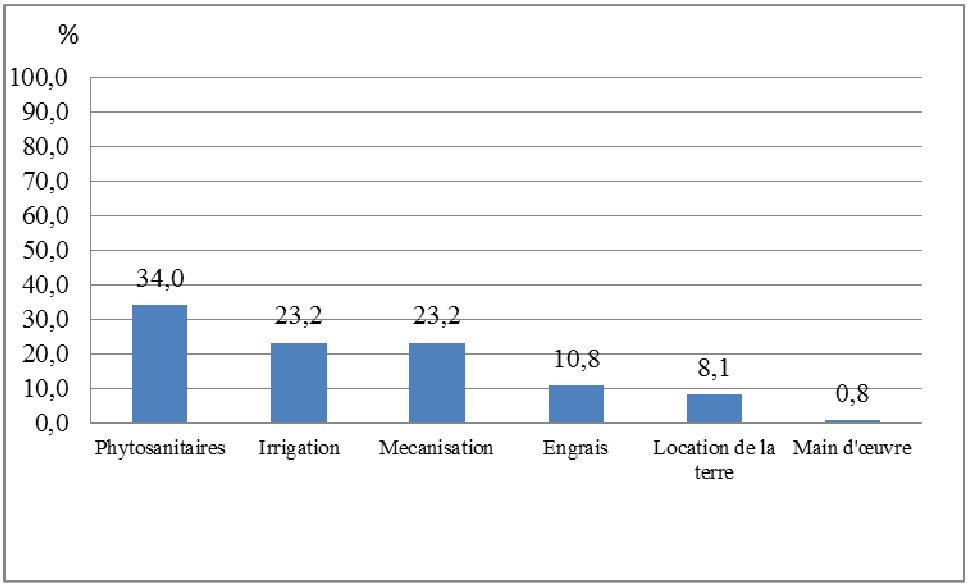


Figure 56. Charges opérationnelles de la culture de menthe de l'exploitation n°58 (Source : Travail sur Olympe, Ayadi H., 2012)

***

Les pratiques phytosanitaires relatives aux traitements des différentes cultures révèlent une extrême hétérogénéité des produits utilisés, doses, nombres de traitements, périodicité, etc. Les raisons en sont d'ordres multiples : coût des produits, efficacité, toxicité et risques pour l'environnement, perception de l'agriculteur, stratégie de gestion, etc.

Pour bien comprendre les raisons de ces pratiques phytosanitaires, une analyse des comportements des agriculteurs face aux organismes nuisibles ainsi que leur perception de l'environnement s'impose.

2. Comportement des agriculteurs, stratégies de protection des cultures et perception de l'environnement

Les principales sources d'informations pour comprendre les comportements des agriculteurs du territoire de la Merja Zerga sont des entretiens auprès de l'échantillon d'agriculteurs choisi et des agents de l'ORMVA du Gharb et du Loukkos. Les sources d'information des agriculteurs relatives à la façon de mener une culture sont très diverses : fournisseurs de produits phytosanitaires, conseillers agricoles, voisins, etc. Des connaissances relatives aux effets directs et indirects des pesticides et du rapport à l'environnement dépendent des types de comportements de lutte face aux organismes nuisibles. Différents types ont donc été définis en fonction des données issues des entretiens auprès de l'échantillon d'agriculteurs enquêté. À chaque type est associée une série de critères et d'explications de la mise en place de ces stratégies. Deux types de comportement ont été identifiés : (i) comportements de lutte systématique caractérisés par une utilisation massive des produits phytosanitaires et l'absence de prise en compte de l'environnement, (ii) comportements de lutte raisonnée induit par des attraits économiques, une forte connaissance des effets des pesticides sur l'environnement, ou par suivi du conseil technique.

2.1 Comportements de lutte systématique

Selon le CORPEN (1995), la lutte systémique consiste à réaliser des traitements selon un calendrier préétabli sans références à l'état des cultures et sans tenir compte de la pression parasitaire. Elle débouche sur trois niveaux :

- la protection "systématique automatique", qui correspond à la recherche d'une assurance maximale. Ce type de pratique engendre des coûts inutiles, peut provoquer des risques d'apparition de résistances chez les ennemis des cultures et augmenter les possibilités de transfert des produits phytosanitaires vers les eaux ;

- la protection "systématique sous contrainte" : elle s'impose à l'agriculteur pour différentes raisons : absence de solution technique, pointe de Travail et organisation de chantier qui empêche d'intervenir au bon moment, absence de modèle de prévision, de seuils d'intervention etc ;

- la protection "systématique technologique" telle que le traitement de semences, qui est parfois souhaitable.

En se référant à ces définitions, l'analyse des enquêtes montre que 48 agriculteurs sur les 65 enquêtés ont des comportements de traitements systématiques dans leurs pratiques phytosanitaires. Ces comportements sont les conséquences de plusieurs processus : (i) analphabétisme, manque de connaissance et de formations agricoles (ii) prévention sécuritaire et (iii) absence de prise en compte de la problématique environnementale.

2.1.1 Absence de prise en compte de la santé humaine et de l'environnement

Un grand nombre d'agriculteurs enquêtés suivent une logique de traitements phytosanitaires massive sans prise en compte ni de la santé humaine ni de l'environnement. 89 % des ouvriers faisant les traitements phytosanitaires ne portent pas de protection (Tableau 53, Figure 57).

Tableau 53. Protection de l'agriculteur contre les phytosanitaires

Réponse de l'agriculteur	Vêtements	Masque	Gants
Non	89	83	83
Oui	11	17	17
	100	100	100

Source : Enquêtes de terrain menées par Ayadi H., 2011

Figure 57.Traitements phytosanitaires du melon au niveau du CDA de Sid Mohamed Lahmar par les ouvriers agricoles sans aucune protection (Réalisation : Ayadi H., 2011)

34 % des agriculteurs achètent les produits phytosanitaires selon leur expérience (Tableau 57). 74 % ne respectent pas la dose recommandée ou utilisent des produits non homologuées pour la culture (Tableau 55). Nous citons l'exemple des agriculteurs n° 22 et 52, qui utilisent respectivement 2, 4 et 5 fois la dose recommandée de la préparation commerciale Actara pour le traitement de la tomate (Tableau 54).

Tableau 54. Non-respect de la dose homologuée par certains agriculteurs : cas de la préparation commerciale ACTARA.

Nom Culture	dose appliquée (kg)	dose homologuée (kg)
Tomate 22	0,48	0,2
Tomate 52	1	0,2

Source : Enquêtes de terrain menées par Ayadi H., 2011 et 2012

Ce comportement est dû à l'analphabétisme de certains agriculteurs, plus que 60 % de l'échantillon (Figure 58), le manque de connaissances en agronomie, seul 7 % ont suivi une formation agricole (Figure 58) et le manque de confiance dans les conseillers agricoles (agents de l'ORMVA et phytiatres). À cause de l'analphabétisme et de l'ignorance qui prévalent dans les rangs des producteurs de menthe, la notion de «délai avant récolte ou DAR» préconisée pour chaque insecticide n'est ni connue ni respectée. Des campagnes de sensibilisation destinées à ces agriculteurs sont nécessaires dans le but de vulgariser la lutte intégrée contre les ennemis des cultures. Une étude faite par Scoones et Thompson (2009) a montré une insuffisance des dispositifs d'appui à l'apprentissage. Actuellement le dispositif de vulgarisation agricole couvre moins de 5 % de la population agricole (Ministère de l'Agriculture 2010) et connaît des limites importantes : définition des besoins non participative et les thèmes proposés sont centrés sur l'amont technique.

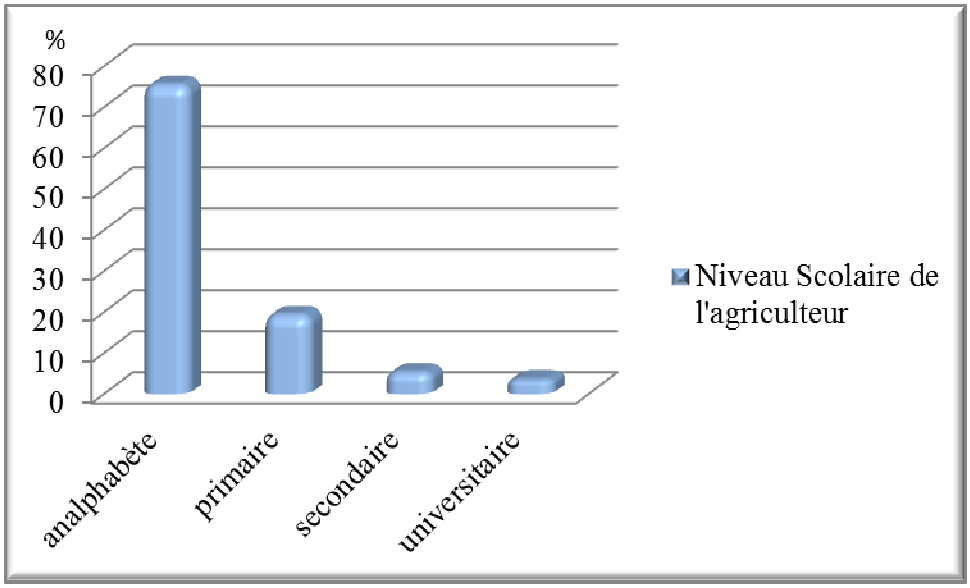


Figure 58. Niveau scolaire des agriculteurs enquêtés (Source et réalisation : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011 et 2012)

L'environnement est peu ou pas pris en compte dans les stratégies de gestion des pesticides par ces agriculteurs (Tableau 55). 74 % ne disposent pas de local de stockage des pesticides. 70% ne contrôlent pas le pulvérisateur avant usage. Dans la majorité des cas, le matériel utilisé est de type pulvérisateur à dos. Si l'appareil n'est pas entretenu, la bouillie du pesticide peut couler sur le dos de l'ouvrier lors des traitements des cultures.

Tableau 55. Pratiques phytosanitaires des agriculteurs du territoire de la Merja Zerga

Taches effectuées	Réponse de l'agriculteur (%)	
	Oui	Non
Respect de la dose recommandée	26	74
Local pour le stockage des phytosanitaires	26	74
Contrôle du pulvérisateur	30	70
Dispose d'un phytobac	6	94
Traitement phytosanitaire	l'agriculteur lui-même	Un ouvrier
	55	47

Source : Enquêtes de terrain menées par Ayadi H., 2011 et 2012

La gestion des déchets phytosanitaires est anarchique. 94 % des exploitations ne disposent pas de phytobac (Tableau 55). Ceci peut être expliqué soit par la petitesse de la SAU de certaines exploitations dont les chefs ou les gérants achètent des petites quantités sur le marché pour un seul traitement, soit par une méconnaissance de la pollution induite suite au rejet du reste de la bouillie dans le réseau de drainage. Nous citons l'exemple de l'exploitant n°22 « *je verse le reste de la bouillie dans le drain à la limite de la parcelle traitée*».

Les emballages vides constituent aussi une source de pollution diffuse pour la santé humaine et l'environnement. 22 agriculteurs (soit 47 %) jettent les emballages dans la nature ou les abandonnent sur la parcelle ((Tableau 56, Figure 59), 1'agriculteur (soit 2 %) les réutilise pour mettre d'autres produits (eau, huile, des semences…) (Tableau 56), 23 agriculteurs (soit 49 %) les brûles.

Tableau 56.Gestion des emballages vides des produits phytosanitaires

Gestion des emballages vides	Jet dans la nature	Jet avec les déchets ménagers	Réutilisation des emballages	Brûlage des emballages
Nombre d'agriculteurs	22	1	1	23
% d'agriculteurs	47	2	2	49

Source : Enquêtes de terrain menées par Ayadi H., 2011 et 2012

Figure 59. Abandon des emballages des produits phytosanitaires dans la nature (Réalisation : Ayadi H., 2011)

Les emballages vides, fûts et récipients ayant servi à contenir des pesticides à usage agricole pour la plupart balancés dans la nature. L'article 6 de la loi 42-95 n'insiste que sur le fait que ces derniers ne doivent en aucun cas servir à recevoir des produits destinés à l'alimentation de l'Homme ou des animaux. Le problème de leurs devenir ainsi que celui de l'élimination rationnelle des stocks obsolètes restent une problématique majeure du secteur au Maroc, bien qu'il existe un guide gratuit sur les Bonnes Pratiques de Stockage des pesticides en collaboration avec Pesticide Action Network Afrique (PAN Afrique), Pesticide Action Network UK (PAN UK) et Pesticide Action Network Maroc (PAN MAROC). Ce Guide consiste à promouvoir un aspect important de la prévention des pesticides obsolètes qui est le stockage adéquat des pesticides.

2.1.2 Suivi des conseils techniques

Certains agriculteurs sont bien encadrés et conseillés. Ils suivent les recommandations en matière de protection des cultures prescrites par les différentes institutions (ORMVA, vendeurs de pesticides). 15 % des exploitations sont suivis par un technicien agronome de l'ORMVA ou recruté par l'agriculteur pour la gestion de l'aspect agronomie et phytiatrie au niveau de l'exploitation. 39 % suivent les conseils des vendeurs de pesticides (Tableau 57).

Certains, plus en marge, sont influencés par ce que font leurs voisins. 24 % des agriculteurs qui ont participé à l'entretien disent que le choix des produits phytosanitaires et de la dose appliquée leur a été conseillé par l'agriculteur voisin.

D'autres choisissent les produits phytosanitaires et les doses appliquées sur les cultures en se référant à leurs expériences en agriculture. Ils représentent 22 % des agriculteurs de l'échantillon. Ces comportements assurent aux agriculteurs une sécurité économique.

Tableau 57. Stratégie de gestion des produits phytosanitaires par les agriculteurs

Choix des phytosanitaires			
Expérience personnelle	Expert (technicien)	Vendeurs (phytiatre)	Voisins
22	15	39	24

Source : Enquêtes de terrain menées par Ayadi H., 2011 et 2012

2.2 Comportements de lutte raisonnée ou intégrée

Le code de conduite de l'Organisation Mondiale de l'Agriculture (FAO) (2010) pour l'utilisation et la distribution des pesticides définit la Lutte Intégrée comme étant, « *un examen attentif de toutes les techniques disponibles pour lutter contre les ravageurs et intégration ultérieure de mesures appropriées pour prévenir l'apparition de populations nuisibles et maintenir l'utilisation des pesticides et d'autres types d'intervention à des niveaux économiquement justifiés, tout en réduisant le plus possible les risques pour la santé humaine et l'environnement* ». La lutte intégrée met l'accent sur la croissance d'une culture saine, avec un impact négatif minimal sur les agro-écosystèmes et privilégie les mécanismes naturels de lutte contre les maladies et ravageurs nuisibles. Les comportements de lutte raisonnée peuvent être la conséquence (i) d'attrait économique, (ii) de suivi des conseils d'un technicien ou d'un phytiatre et/ou (iii) d'une connaissance étendue des effets néfastes des pesticides sur la santé humaine et l'environnement.

2.2.1 Attrait économique

Pour répondre aux attentes sociétales et profiter des avantages de la contractualisation, deux agriculteurs de l'échantillon sont certifiés Eurep GAP. Il s'agit d'un producteur de fraise et d'un maraicher. Leurs productions sont destinées à l'export vers des pays de l'Europe (Allemagne et France). Cet attrait économique vers les attentes sociétales d'une clientèle soucieuse de la qualité des produits agricoles et agro-alimentaires, a poussé ces agriculteurs à respecter un cahier de charges. Ils sont amenés à respecter les doses appliquées, à utiliser des produits moins toxiques, à avoir un local de stockage des produits phytosanitaires (Figure 60) et de se protéger lors des traitements phytosanitaires.

Le stockage des pesticides est un point réglementaire au Maroc loi 42-95 relatif au contrôle et à l'organisation du commerce des pesticides à usage agricole. D'après l'article 10 de ladite loi : *La vente, le stockage ou l'entreposage des pesticides à usage agricole, qu'ils soient*

formulés ou fabriqués localement ou qu'ils soient importés, sont interdits dans tout local servant au stockage, au commerce ou à la manipulation de produits destinés à l'alimentation de l'homme ou des animaux (Loi N° 42-95, Article 10).

Le protocole EUREPGAP vient renforcer cette loi avec les normes relatives au stockage des pesticides au niveau d'une exploitation agricole :

1. Les pesticides doivent être stockés en conformité avec la réglementation nationale qui doit toutefois comprendre les normes minimales suivantes.
2. Les pesticides doivent être stockés dans un lieu approprié, bien éclairé bien ventilé, non inflammable, sûr, à l'écart d'autres matériaux, à l'abri du gel.
3. Toutes les étagères de stockage devraient être d'un matériau non-absorbant.
4. Le lieu de stockage des pesticides doit être en mesure de retenir tout débordement (pour prévenir toute contamination des eaux courantes).
5. Des dispositifs adéquats pour mesurer et mélanger les pesticides doivent être disponibles.
6. Des dispositifs d'urgence (collyres, eau courante, seau de sable) doivent être disponibles pour soigner les ouvriers en cas de contamination ou de renversement accidentel.
7. . Tous les pesticides doivent être stockés dans leur emballage d'origine.
8. Seuls les produits phytosanitaires autorisés pour la protection de cultures assolées doivent être stockés sur l'exploitation.
9. Les poudres doivent être stockées sur des étagères au-dessus des liquides.
10. Des panneaux avertissant du danger doivent être placés sur les portes d'accès.

Figure 60. Local aménagé pour le stockage des produits phytosanitaires (Réalisation : Ayadi H., 2011)

Les agriculteurs sont donc bien au fait des attentes sociétales en matière de traçabilité et des taux de résidus phytosanitaires dans les fruits et légumes.

2.2. 2 Connaissance étendue des effets néfastes des pesticides sur l'environnement

Certains agriculteurs enquêtés n'ont pas de contrats de mise en œuvre d'agriculture raisonnée, mais leurs connaissances des effets néfastes des pesticides sur la santé humaine et le bétail les poussent à avoir des logiques de lutte raisonnée dans le choix de système de culture basé sur des cultures nécessitant le moins de traitements phytosanitaires avec des itinéraires techniques sans pratique phytosanitaire. 17 agriculteurs sur les 65 ne traitent que les cultures exigeantes. Nous mentionnons l'exemple de l'agriculteur n° 14, disposant d'une SAU totale de 37,5 ha et pratiquant un système de culture de type Céréales_Oléagineux_Maraichage ; il ne traite que les cultures maraichères. Il ne traite ni le blé tendre (18 ha) ni le tournesol (12ha). 80 % de la SAU de son exploitation est exemptée de traitements phytosanitaires. Mêmes ceux qui traitent les cultures maraîchères n'appliquent qu'une partie de la dose homologuée. Les agriculteurs n°6, n°22 et n°52 n'appliquent que respectivement 5 %, 6,25 % et 12,5 % de la dose homologuée (Tableau 58).

Tableau 58. Traitement de la culture du melon par une dose inférieure à la dose homologuée

Nom Culture	dose appliquée (kg)	dose homologuée (kg)	Quantité appliqué en %
Melon 6	0,4	8	5
Melon 22	0,5	8	6,25
Melon 52	1	8	12,5

Source : Enquêtes de terrain menées par Ayadi H., 2011 et 2012

D'autres agriculteurs ne traitent pas le bersim, culture destinée à l'alimentation du bétail. Ceci minimise le nombre d'intoxication.

Ces agriculteurs sont d'accord pour la mise en place d'un projet de réduction des phytosanitaires (Tableau 59). Ils présentent 56 % de l'effectif questionnés pour le propos. 54% sont prêtent aussi à une baisse éventuelle de leur marge brute.

Tableau 59. Avis des agriculteurs concernant un projet de réduction de l'usage des pesticides

Avis	Projet de réduction de l'usage des phytosanitaires		Baisse de la marge brute	
	Pour	Contre	Accepter	Ne pas accepter
% d'agriculteurs enquêtés	56	44	54	46

Source : Enquêtes de terrain menées par Ayadi H., 2011 et 2012

3. Conséquences de l'usage des phytosanitaires sur la santé humaine et l'environnement

L'observation des fiches technico-économiques des différentes cultures et de leur répartition dans l'espace permet d'estimer, en fonction des itinéraires techniques décrits par les agriculteurs, la charge phytosanitaire épandue au cours de la campagne agricole 2011/2012. L'analyse de la variabilité quantitative, qualitative et spatiale de cette charge phytosanitaire laisse alors apparaître plusieurs points que nous abordons successivement. Dans un premier

temps, nous présentons un état des lieux des usages phytosanitaires au niveau du bassin versant et soulignons les risques encourus par l'agriculteur et l'environnement. Nous revenons ensuite sur la détermination de la charge et indicateurs de pressions (IFT) et de risques pour la santé de l'applicateur (IRSA) et l'environnement (IRTE) par les critères intervenant dans les modalités d'itinéraires techniques décrits dans la première et la seconde partie de ce chapitre : orientation culturale et stratégie de l'agriculteur. Ceci nous amène, dans une troisième section, à identifier un lien entre la distribution des indicateurs et l'organisation spatiale du territoire de la Merja Zerga.

3.1 Bilan phytosanitaire : diversité des produits phytosanitaires et forte charge au niveau du bassin versant

Sans remettre en cause l'honnêteté des agriculteurs enquêtés puisque certains d'entre eux ne connaissent ni les noms des produits commerciaux, ni les quantités exactes de produits appliquées par hectare (analphabètes). S'agissant de déclaratif, ces valeurs doivent être prises en considération avec précaution. Néanmoins, les données obtenues nous permettent de rendre compte du bilan phytosanitaire général du territoire de la Merja Zerga. Ce bilan se caractérise par des fortes charges phytosanitaires induites par une grande diversité des cultures et des pratiques phytosanitaires au niveau du territoire de la Merja Zerga. 114 préparations commerciales ont été répertoriées sur les 593 marques commerciales de produits phytosanitaires homologuées au niveau national (Amiphy[37], 2012). 75 matières actives différentes font la composition de ces produits commerciaux réparties comme suit : 28 % d'herbicides, 32 % d'insecticides et 40 % de fongicides (Figure 61, annexe 6).

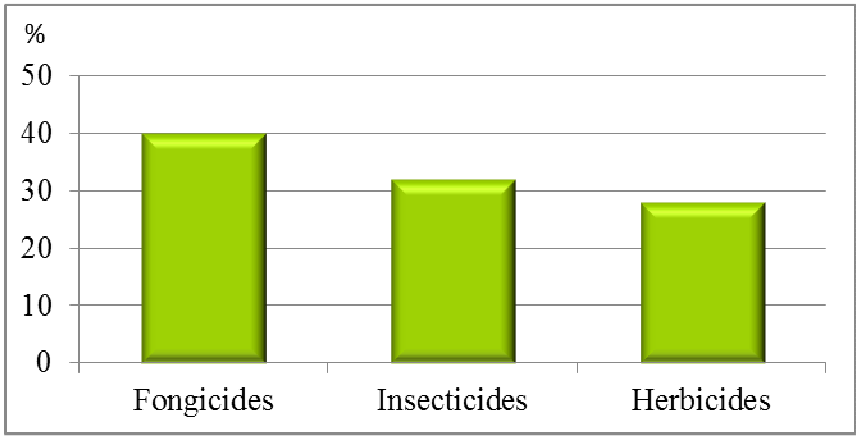


Figure 61. Répartition des matières actives par familles (Source : Enquêtes de terrain menées par Ayadi H., 2011 et 2012)

Les produits les moins épandus appartiennent au champ d'activité des herbicides. Sur les 114 préparations commerciales, 18 types d'herbicides seulement sont utilisés par les agriculteurs du bassin versant de la Merja Zerga soit des 121 appellations commerciales homologuées au niveau national marocain (Amiphy 2012). Ces 18 herbicides se composent de 17 matières actives différentes. Deux de ces produits contiennent trois matières actives et cinq contiennent

[37] http://www.amiphy.org/index.php

deux matières actives (cinq produits). Certains produits phytosanitaires portent des noms commerciaux différents, mais sont composés des mêmes matières actives.

La quantité de pesticides appliquée au niveau de la SAU du bassin versant est de l'ordre de 138666 kg (en considérant la masse volumique des produits égale à 1) sur une surface de l'ordre de 39 050 ha soit une moyenne globale de 3,7kg/ha (Tableau 60). Cette quantité moyenne varie en fonction du CDA (espace géré) (Tableau 60, Figure 62). Cette quantité de pesticides est la plus élevée au niveau du CDA de Mnasra (une quantité moyenne de 6.4 kg/ha) et au niveau du CDA de Lalla Mimouna (une quantité moyenne de 6.8 kg/ha) (Figure 62). Ces moyennes sont réparties respectivement comme suit : 0,3 kg/ha d'herbicides, 3 kg/ha d'insecticides et 3 kg/ha de fongicides au niveau de Mnasra et 1,1kg/ha d'herbicides, 1,6 kg/ha d'insecticides et 4,1 kg/ha de fongicides au niveau de Lalla Mimouna. Ces valeurs montrent que les insecticides et les fongicides constituent respectivement 47 % et 48 % en zone côtière et 50 % et 31 % à Lalla Mimouna soit presque la totalité des quantités des pesticides utilisés sur les cultures dans la zone côtière, du Loukkos, ainsi que sur la totalité du bassin versant. Il faut noter à cet égard que la dose moyenne des pesticides utilisés à l'hectare au niveau de la zone côtière et de Lalla Mimouna reste supérieure à la moyenne du bassin versant du fait que l'intensification agricole y est très importante (Figure 62). Ces moyennes sont proches de la quantité moyenne de consommation en pesticides au niveau de la France (1er consommateur au niveau européen et quatrième au niveau mondial) (Belhadj, 2011). Il s'agit des zones de concentration des cultures maraichères, de serres de bananes et de fruits rouges. Il s'agit aussi des zones d'intensification des itinéraires techniques par recours à la technique du dérobé.

Le recours modéré aux herbicides (soit 5 % à Mnasra à 36 % à Souck Larbâa de la quantité totale est due au fait qu'un grand nombre d'agriculteurs pratiquent le désherbage mécanique au lieu du désherbage chimique.

Tableau 60. Quantités de produits phytosanitaires appliquées au niveau des SAU des six CDA du bassin versant de la Merja Zerga ((Modèle MerjaPhytos : Situation initiale Jeu SimPhy)

Nom du système de culture		Quantité totale Herbicides (kg)	Quantité totale Insecticides (kg)	Quantité totale Fongicides (kg)	Moyenne (kg/ha)	% Herbicides	%Insecticides	% Fongicides
Mnasra	Maraichage_ Grandes cultures	1600	15080	15140	6,4	5	47	48
Sidi Lahmar	Céréales_Oléagineux_ Maraichage	5875	21819	8550	3	16	60	24
Souck Tlet	Céréales_Oléagineux-Fourrage_Cultures sucrières	4400	13660	4600	3	19	60	20
Souck Larbâa	Oléagineux-Céréales_Fourrage-Cultures sucrières	1251	6491	3153	4,5	11	60	29
Hraid	Céréales_Fourrages_Cultures industrielles_Arboricultures	11700	11512	9450	3	36	35	29
Lalla Mimouna	Maraichage_Fruits rouges	702	1060	2632	6,8	16	24	60
Bassin versant	SAU totale	25527	69617	43522	3,7	18	50	31

Source : Modèle MerjaPhytos, Ayadi H., 2012

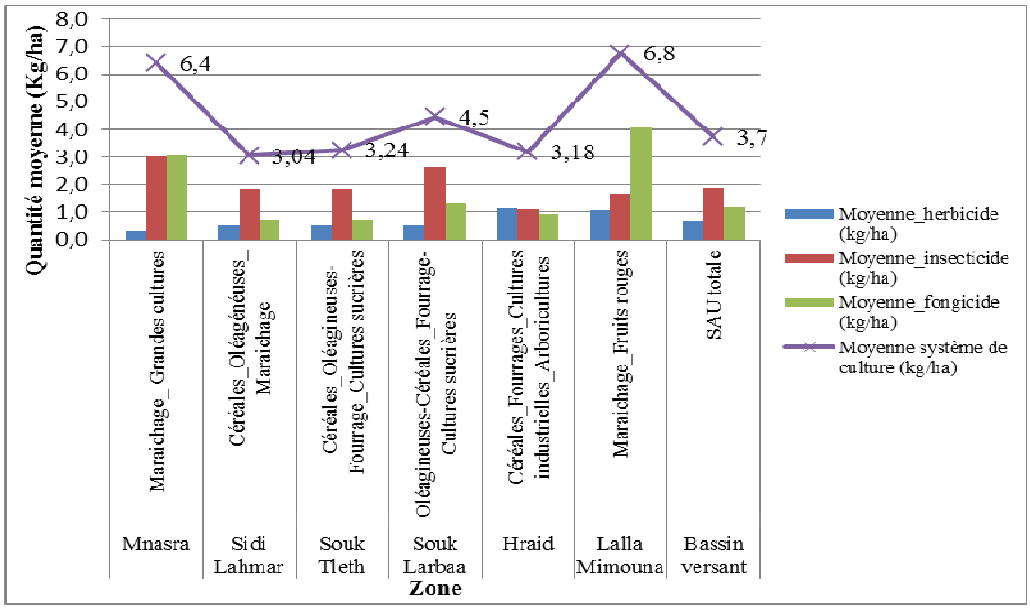


Figure 62. Estimation des quantités moyennes par hectare (Q_moy) de produits phytosanitaires utilisées par classe de la SAU (Surface Agricole Utile) et par CDA (Source : (Modèle MerjaPhytos : Situation initiale Jeu SimPhy).Ayadi H., 2012)

On constate aussi que la zone morphologique (Figure 63) joue un rôle majeur dans la variabilité spatiale de la quantité moyenne en phytosanitaires. Cette variabilité est induite par les conditions pédoclimatiques sur les espèces végétales cultivées et leur sensibilité aux ravageurs. La prolifération des ravageurs est conditionnée par le type de sol, le taux d'humidité et les températures.

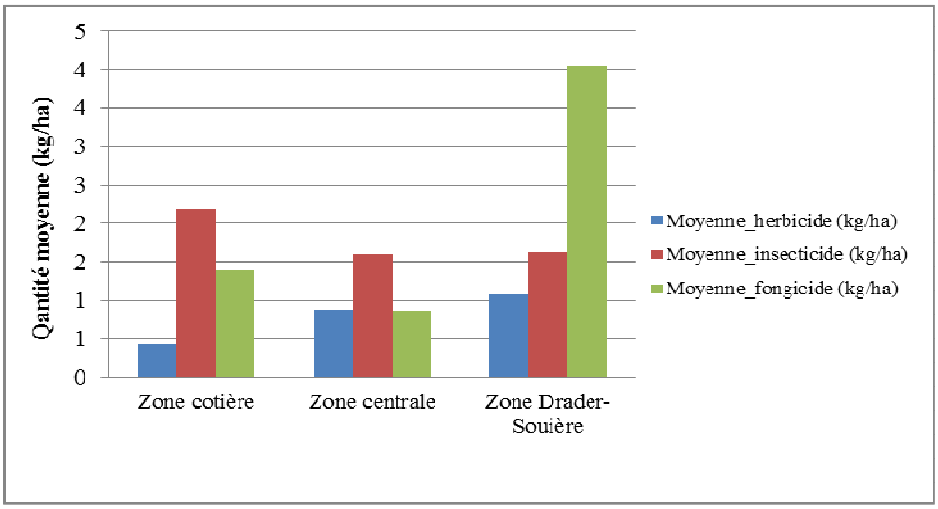


Figure 63. Estimation des quantités moyennes par hectare (Q_moy) de produits phytosanitaires utilisées au niveau des zones morphologiques (Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy ». Ayadi H., 2012)

À l'intérieur de chaque zone morphologique, les quantités totales de pesticides varient d'un micro-bassin à l'autre. Les plus grandes quantités sont appliquées aux niveaux des micro-bassins de la réserve biologique et celui de Nador (

Tableau 61).

Tableau 61. Quantités de pesticides par micro-bassin par zone morphologique

ID	Zone morphologique	Nom_micro_bassin	Surface (ha)	Quantité totale Herbicides (kg)	Quantité totale Insecticides (kg)	Quantité totale Fongicides (kg)	Total pesticides (kg)
19	Zone côtière	Micro_bassin _ réserve biologique	8135	566	855	2123	3545
12	Zone côtière	Micro-bassin_Nador	2677	186	282	699	1166
1	Drader-Sourière	Micro_bassin Drader_Nord	6129	154	233	577	964
15	Plaine centrale	Micro_bassin_Gharb	10429	136	206	510	852
13	Drader-Sourière	Micro-bassin_Bas_Drader	5331	134	202	502	839
5	Drader-Sourière	Micro-bassin_Bouhrira	5111	128	194	482	804
31	Plaine centrale	Micro_bassin_M'da	7972	104	157	390	651
14	Plaine centrale	Micro_bassin_Hraid	7342	96	145	359	600
21	Plaine centrale	Micro_bassin_Oued Mekada	4925	64	97	241	402
27	Plaine centrale	Micro_bassin Haut Segmat 2	4637	60	91	227	379
2	Drader-Sourière	Mircro_bassin_Bridia	2286	57	87	215	360
16	Plaine centrale	Micro_bassin_Khlit	3577	47	70	175	292
26	Plaine centrale	Micro_bassin_Azib Remiki	2853	72	56	140	267
3	Drader-Sourière	Micro_bassin_Zarmane	1647	41	63	155	259
7	Drader-Sourière	Micro_bassin_Souck El Jema	1629	41	62	153	256
32	Plaine centrale	Micro_bassin_Haut Segmat	2648	35	52	129	216
20	Drader-Sourière	Micro_bassin_Oued Boutouil	1454	19	55	137	211
4	Drader-Sourière	Micro_bassin_El Hamra	1272	32	48	120	200

30	Plaine centrale	Micro_bassin Oued Melleh	2374	31	47	116	194
6	Drader-Sourière	Micro_bassin_desbas	1087	27	41	102	171
24	Plaine centrale	Micro_bassin_Oued Cherchara	1646	21	32	80	134
11	Drader-Sourière	Micro_bassin_Oguil	813	20	31	77	128
18	Plaine centrale	Micro_bassin_Khrouta	1264	16	25	62	103
17	Plaine centrale	Micro_bassin_Abbou	1243	16	25	61	102
28	Plaine centrale	Micro_bassin Oued Akehal	1185	15	23	58	97
10	Drader-Sourière	Micro_bassin_E Mersl	584	15	22	55	92
9	Drader-Sourière	Micro_bassin_Sakhsouk	395	10	15	37	62
29	Plaine centrale	Micro_bassin Oued el Karrab	733	10	14	36	60
23	Plaine centrale	Micro_bassin_Bled Halloufa	684	9	13	33	56
25	Plaine centrale	Micro_bassin_Oued Haddou	595	15	12	29	56
22	Plaine centrale	Micro_bassin_Bouailha	597	8	12	29	49
8	Plaine centrale	Micro_bassin_Brade	118	2	2	6	10

Source : Travail de SIG Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy »de Ayadi H., 2012

Afin de voir si la pression phytosanitaire en quantité est proportionnelle à la toxicité sur la santé humaine et l'environnement, une évaluation de la toxicité des matières actives s'impose. Cela fera l'objet d'une analyse au paragraphe suivant.

3.2 Évaluation de la toxicité intrinsèque des matières actives phytosanitaires sur la santé humaine, la biodiversité et l'environnement

L'évaluation des risques de toxicités de ces matières actives via l'Indicateur de Risque sur la Santé de l'Applicateur (IRSA) et environnementale (IRTE) qui a été développé par l'équipe du projet TRam (§1.2 et § 1.3 du chapitre IV décrivant la méthode) a montré une grande variabilité des toxicités intrinsèques pour la santé humaine et environnementale. La toxicité humaine (IRSAm.a) varie de 26 à 1 742 (annexe 6) alors que l'écotoxicité (IRTE m.a) varie de 81 à 4290 (Figure 64, Figure 65, Figure 66).

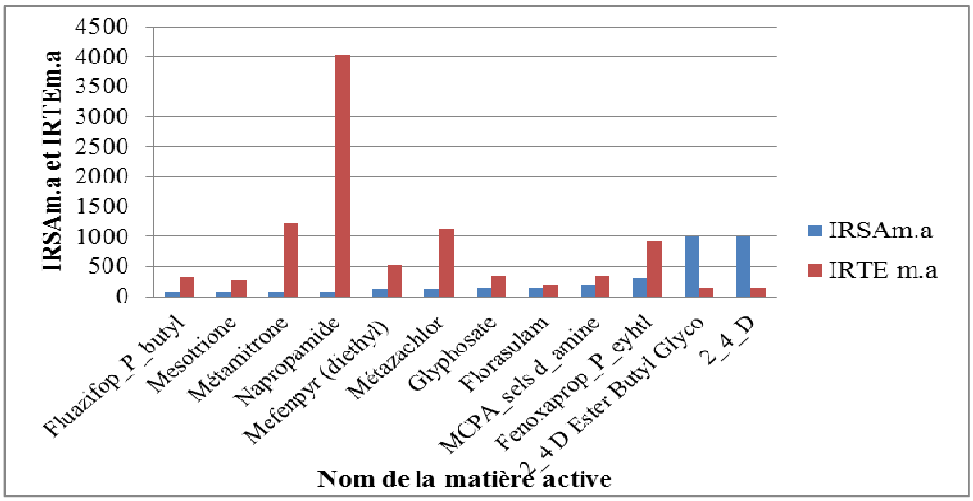


Figure 64. Indice de Risque sur la Santé de l'Applicateur (IRSAm.a) et environnementale (IRTEm.a) des herbicides (Source : Travail d'Ayadi H., 2012 à partir des données issu d'EtoPhy)

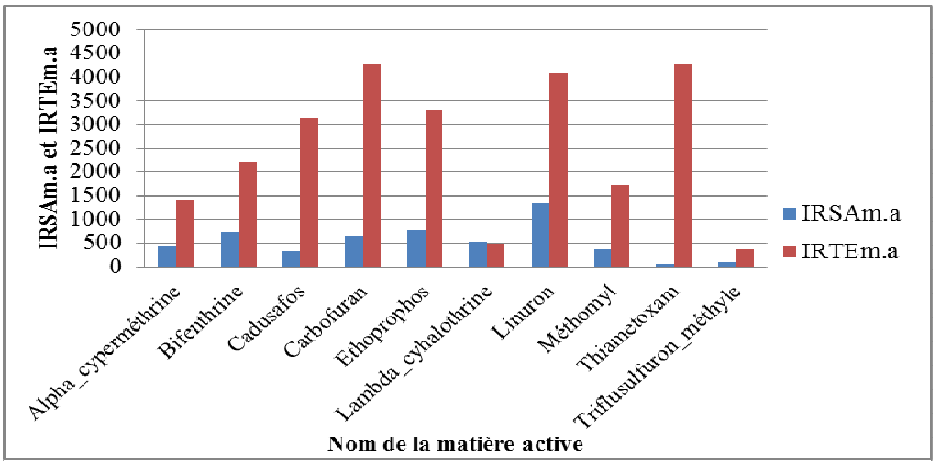


Figure 65. Indice de Risque sur la Santé de l'Applicateur (IRSAm.a) et environnementale (IRTEm.a) des Insecticides (Source : Travail d'Ayadi H., 2012 à partir des données issu d'EtoPhy)

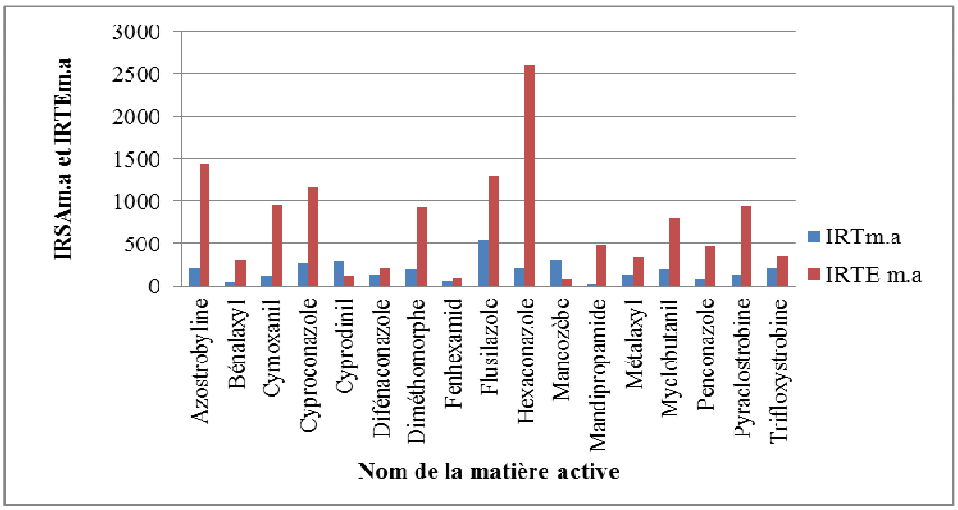


Figure 66. Indice de Risque sur la Santé de l'Applicateur (IRSAm.a) et environnementale (IRTEm.a) des Fongicides (Source : Travail d'Ayadi H., 2012 à partir des données issu d'EtoPhy)

Les matières actives de grande toxicité pour la santé de l'applicateur (IRSAm.a) sont Cyperméthrine, Linuron, Cadusafus et 2,4_D. La Cypermithrine et le Linuron peuvent entrainer une irritation oculaire, une irritation cutanée, une toxicité aigüe par inhalation par voie orale et cutanée. Sur le long terme le Linuron cause une toxicité chronique par effet cumulatif, des problèmes de reproduction et de développement, des cancers et des perturbations endocriniennes. Au niveau du bassin versant de la Merja Zerga, Linuron est très manipulé par les travailleurs agricoles. Il est appliqué sur de nombreuses cultures maraichères tel que l'aubergine, la courgette, des cultures aromatique dont la coriandre et la menthe ainsi que sur des protéagineux (arachide). Dans certains pays développés, Linuron est interdit. Au

Canada et des USA, cette matière active est interdite par la loi depuis 2006 suite à une réévaluation de ses risques sur la santé humaine et l'environnement.

Le 2,4_D a une toxicité aigüe très élevée. Il peut causer une toxicité par irritation oculaire, cutanée, respiratoire, ainsi qu'une forte sensibilisation. Sur le long terme le 2,4_D entraine une toxicité chronique neurologique, de reproduction (cause d'avortement spontané) (Bonnard, 2011) et de développement, des perturbations endocriniennes et des cancers. Une étude faite par (McDuffie, 2001) menée au Canada a montré que sur 517 cas et 1506 témoins le développement de lymphome non-hodgkinien chez les utilisateurs du 2,4 _D.

La diffusion de ces matières actives dans différents compartiments de l'environnement est conditionnée par leur persistance et leur mobilité. La Cyperméthrine est modérément persistante dans l'environnement avec une demi-vie de deux mois dans le sol et de 9 jours dans l'eau (MAPAQ 2012b). Ce pesticide, peu soluble dans l'eau et immobile dans les sols peut cependant contaminer les eaux de surface par la dérive et l'érosion hydrique. Le Linuron est modérément persistant avec une demi-vie de 49 jours dans le sol et une demi-vie de 21 jours dans l'eau (MAPAQ 2012b). Ce pesticide est aussi modérément mobile dans l'environnement et peut contaminer les eaux de surface par dérive ou par ruissellement. C'est alors en fonction de sa mobilité et de sa persistance que ce pesticide peut contaminer les eaux de surface. Le 2,4_D a une toxicité environnementale faible. Sa solubilité dans l'eau indique que ce pesticide est modérément mobile dans les sols et n'a pas tendance à s'adsorber aux particules du sol(MAPAQ 2012a). La principale caractéristique de ce pesticide menant à la contamination des eaux de surface est sa solubilité dans l'eau.

D'autres matières actives ont des toxicités humaines globales faibles mais très toxiques au niveau aigu ou chronique pour la santé humaine des manipulateurs. Comme exemple de matière active à grande toxicité aigüe mais presque sans effets chroniques nous puvons citer le Glyphosate, le Cloquintocel-méxyl, le Menpyf, la Mésotrine, la Bentazone, le Metalaxyl et le Haloxyfop (Figure 67, Figure 68, Figure 69, Annexe 6 :

Tableau 129). « *Un agriculteur du bassin versant de la Merja Zerga a dit lors des enquêtes après un traitement : même après une douche je passe la nuit à me gratter et tout mon corps me brûle* ».

Certaines de ces matières actives sont de grande diffusion, cas du Bentazone et du Glyphosate. Le Bentazone est un herbicide sélectif de contact qui inhibe la photosynthèse faiblement persistante dans le sol en conditions aérobies, mais devient modérément persistant en conditions anaérobies (MAPAQ 2012b). Dans l'eau, le Bentazone détient une demi-vie entre 24 heures à 6,39 jours, ce qui indique que ce pesticide est faiblement persistant (MAPAQ 2012b). Cependant, il ne se lie pas aux sédiments et détient une forte solubilité, ce qui explique la contamination des eaux de surface par ce pesticide (MAPAQ 2012b). De plus, la faible tension de vapeur du Bentazone indique que ce pesticide peut être transporté par voie aérienne et retomber au sol sous forme sèche ou humide.

Le Glyphosate, un herbicide systémique non sélectif détient une persistance modérée dans l'environnement avec une demi-vie moyenne de 60 jours dans le sol et une demi-vie de 14 jours dans l'eau en conditions aérobies (MAPAQ 2012a). La mobilité de ce pesticide dans les sols est cependant faible, puisqu'il est fortement adsorbé aux particules de sol (MAPAQ 2012a). Les principaux facteurs menant à la contamination des cours d'eau par ce pesticide sont les importantes quantités de pesticides appliqués pour l'agriculture ainsi que sa persistance modérée.

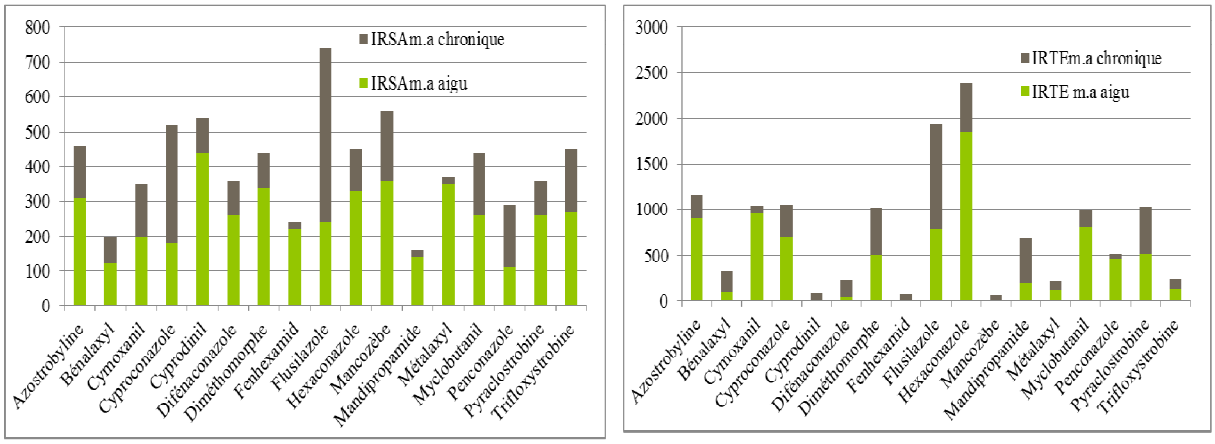


Figure 67. Indices de Risque sur la Santé de l'Applicateur et environnementales aigus et chroniques des matières actives composant des fongicides (Source : Ayadi H, 2012 à partir des données issues d'EtoPhy)

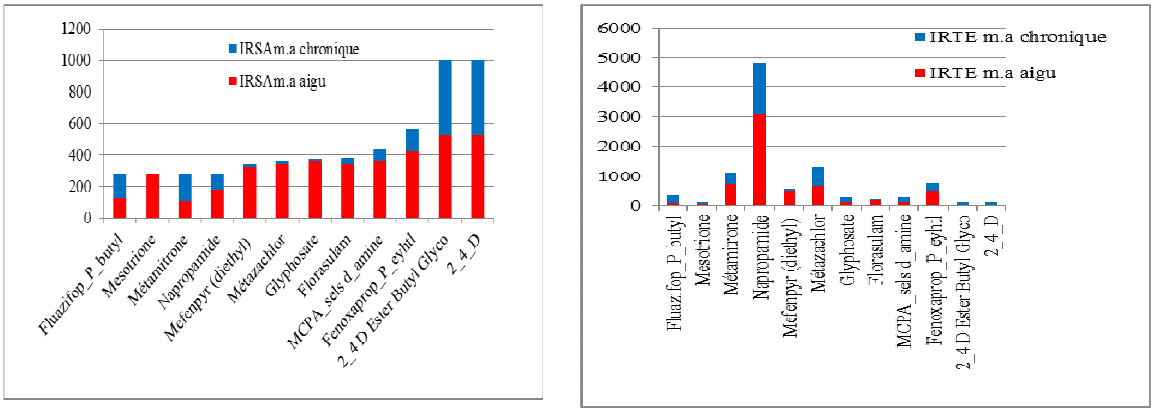


Figure 68. Indices de risques de toxicités humaines et environnementales aigus et chroniques des matières actives composant des herbicides (Source : Ayadi H, 2012 à partir des données issues d'EtoPhy)

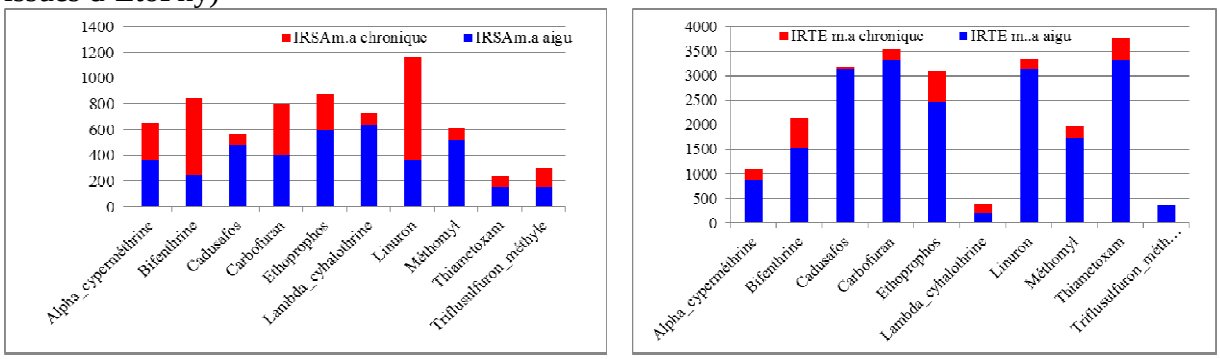


Figure 69. Indices de risques de toxicités humaines et environnementales aigus et chroniques des matières actives composant des insecticides (Source : Ayadi H, 2012 à partir des données issues d'EtoPhy)

Les matières actives les plus toxiques pour l'applicateur ne sont pas forcément aussi très écotoxiques pour la biodiversité (Figure 64, Figure 65, Figure 66). Nous mentionnons l'exemple la Napropamide, un herbicide de faible toxicité aigüe et de très faible toxicité chronique pour la santé humaine, mais de grande toxicité environnementale. Napropamide, une matière active herbicide à toxicité aigüe et chronique très faible pour la santé humaine mais très toxique pour l'environnement. Elle est appliquée sur la salade verte. D'une durée de demi-vie dans l'eau (DT50) de l'ordre de 72 jours, est très persistante. Elle est très toxique pour les oiseaux. En revanche elle est de faible toxicité aigüe pour les abeilles. Elle est moyennement mobile (GUS de 1,94), mais de grande toxicité sur les organismes aquatiques (sa DT90 est de l'ordre de 290 jour au champ et 1000 jours au Laboratoire). Cette mobilité peut s'accentuer dans les sols sablonneux de faible teneur en matière active.

3.3 Rôle de l'itinéraire technique, de l'orientation culturale, des systèmes de cultures et des comportements des agriculteurs dans la variabilité des indicateurs (IRSA, IRTE et IFT)

L'analyse des pratiques phytosanitaires sous formes d'IFT, d'IRSA et d'IRTE montre une variation de la pression et de la toxicité humaine et environnementale d'un itinéraire

technique à l'autre pour une même culture, en fonction des espèces végétales, des orientations culturales, des systèmes de cultures et des stratégies de l'agriculteur.

À l'échelle d'une culture, nous constatons que les rendements sont proportionnels aux quantités de phytosanitaires utilisées et de l'IFT. Selon une étude faite par la FAO en 2005 après usage des pesticides le rendement peut augmenter globalement jusqu'à 30% (FAO, 2005 *in* UIPP: Union des Industries de la Protection des Plantes 2010). En revanche le risque de toxicité sur la santé de l'applicateur (IRSA) et environnementale (IRTE) ne suit pas la même tendance. L'analyse des itinéraires technique de la culture de fraise montre que l'itinéraire technique à bas intrant est le plus toxique pour la santé de l'agriculteur et son environnement (Figure 70). La même tendance est constatée au niveau des espèces végétales (Figure 71) et des orientations culturales (Figure 72).

L'analyse des pratiques phytosanitaires sous formes d'IFT, d'IRSA et d'IRTE montre une variation de la pression et de la toxicité humaine et environnementale d'un itinéraire technique à l'autre pour une même culture, en fonction des espèces végétales et des orientations culturales.

À l'échelle d'une culture, nous constatons que les rendements sont proportionnels aux quantités de phytosanitaires utilisées et de l'IFT (Figure 70). Selon une étude faite par la FAO en 2005 après usage des pesticides le rendement peut augmenter globalement jusqu'à 30% (FAO, 2005 *in* UIPP, 2010). En revanche la toxicité humaine (IRSA) et environnementale (IRTE) ne suit pas la même tendance.

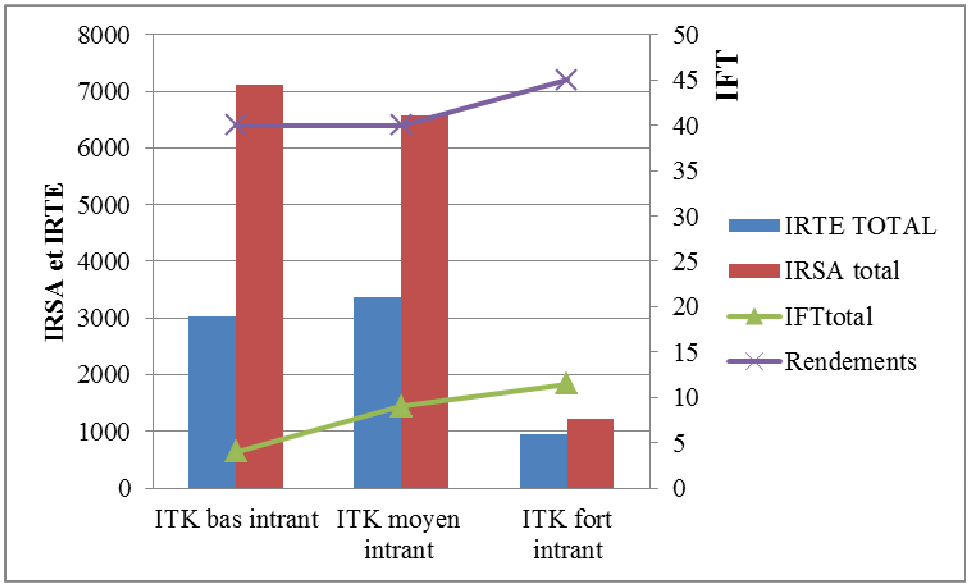


Figure 70. Rôle de l'itinéraire technique dans la pression phytosanitaire (IFT), le risque de toxicité sur la santé de l'applicateur (IRSA) et toxicité environnementale (IRTE) : exemple de la culture de fraise (Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy », Ayadi H., 2012)

L''analyse des itinéraires techniques moyens des cultures pratiquées au niveau du bassin versant de la Merja Zerga montre que les cultures de tomate, de bananier génèrent le plus de risque pour la santé humaine et l'environnement malgré la faiblesse de ses IFT par rapport à d'autres cultures tel que la pastèque ou la canne à sucre (Figure 71).

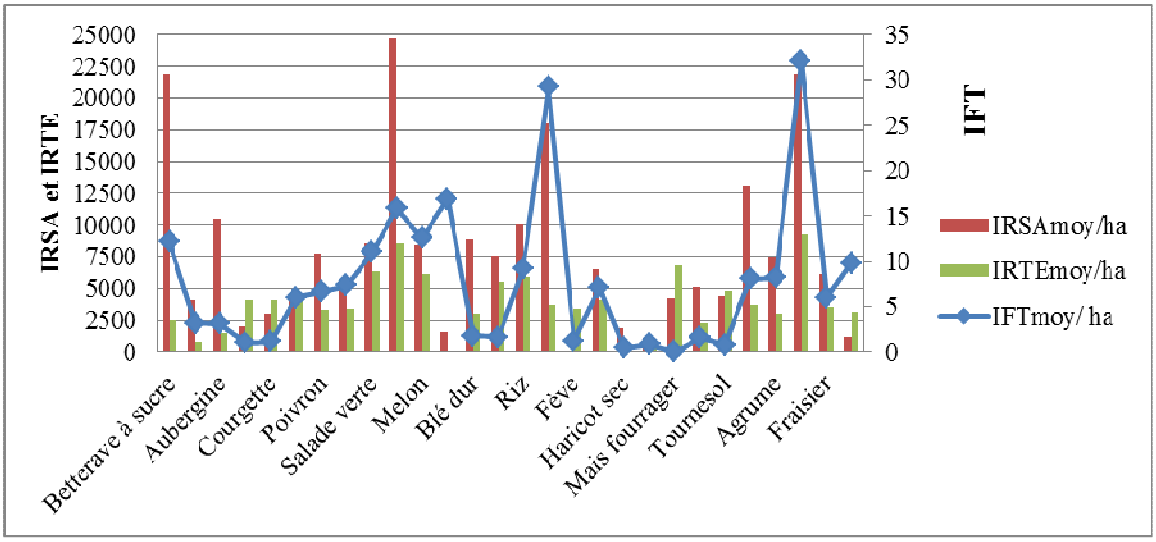


Figure 71. Estimation de la contribution des espèces végétales à la pression phytosanitaires, la toxicité humaine et la toxicité environnementales (Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2012)

Les contributions pour la pression phytosanitaire (IFT), la toxicité humaine et environnementale sont plus fortes pour l'arboriculture, la banane et les cultures sucrières (Figure 72). Cette forte contribution à la toxicité humaine et environnementale se caractérise par une distribution géographique inégale. Au niveau du bassin versant, la santé des agriculteurs et l'environnement de la zone côtière et centrale sont plus affectée (IRSA et IRTE les plus élevés). La zone côtière est la zone maraichère et de concentration des serres de bananes. La zone centrale est la plaine où se concentrent les cultures sucrières.

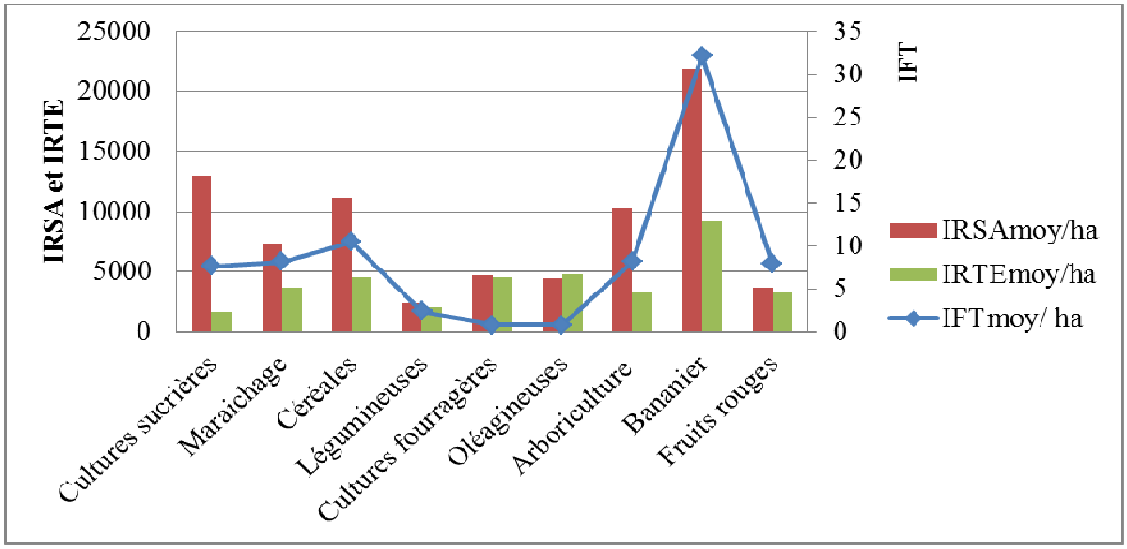


Figure 72. Rôle de l'orientation culturale dans la variabilité des indicateurs (IRSA, IRTE et IFT) (Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2012)

L'analyse économique de la valorisation de la toxicité humaine et environnementale des cultures montre que les fruits rouges valorisent le mieux la toxicité humaine et environnementale (Tableau 62).

Tableau 62. Valorisation économique de la toxicité par les différentes cultures

Culture	marge/ Utox_IRSA	marge/ Utox_IRTE	Culture	marge/ Utox_IRSA	marge/ Utox_IRTE
Betterave à sucre	0,1	0,7	Blé Tendre	0,9	1,2
Canne à sucre	1,5	7,6	Riz	0,6	0,9
Aubergine	0,8	5,5	Pois chiche	2,2	3,4
Coriandre	2,0	1,0	Haricot sec	1,6	6,4
Courgette	2,2	1,6	Arachides	5,7	19,4
Menthe	16,0	14,0	Mais fourrager	1,6	1,0
Poivron	4,8	11,3	Bersim	0,7	1,6
Pomme de terre	3,7	5,4	Tournesol	3,1	2,9
Salade verte	5,1	7,0	Avocatier	3,4	12,0
Tomate	3,0	8,6	Agrume	2,4	5,9
Melon	6,4	8,8	Bananier	11,7	27,6
Pastèque	38,8	0,0	Fraisier	37,2	64,5
Blé dur	0,6	1,9	Framboisier	51,5	20,3

Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2012

Selon les productions, il apparaît que le système de production joue un rôle important dans l'explication de la pression et les risques de toxicité humaine (IRSA) et environnementale (IRTE) pour des exploitations de même type de structure. Pour l'exemple des exploitations de de systèmes de productions différents mais appartenant à la classe de SAU inférieure à 5 ha (Figure 73), on constate que le système de production Céréales_Oléagineux_Maraichage localisé au niveau du CDA de Sidi Mohamed Lahmar génère plus de pression et de risques de toxicité pour la santé de l'applicateur (IRSA) et environnementales (IRTE). Le système de production Maraichage_Fruits rouge localisé au niveau de Lalla Mimouna induit les plus faibles IFT, IRSA et IRTE. Le type de fonctionnement de l'exploitation conditionne fortement la pression et la toxicité.

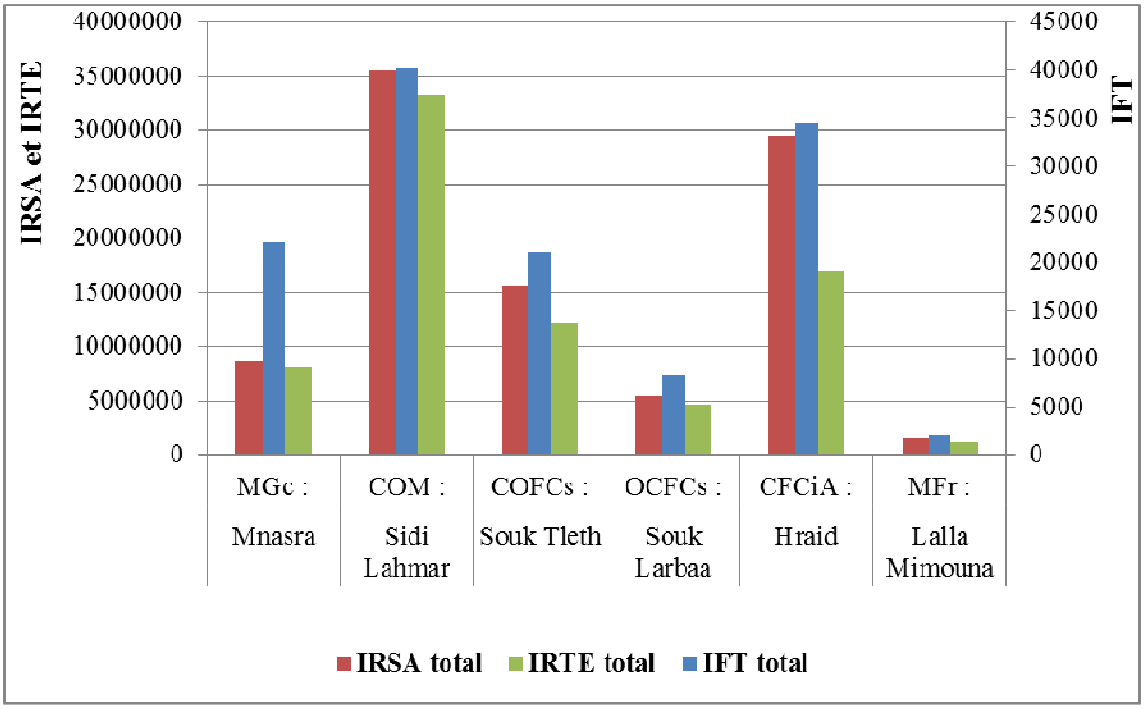


Figure 73. Pressions (IFT) et risques de toxicité humaine (IRSA) et environnementales (IRTE) générés par les systèmes de cultures différents sur une SAU < 5ha (Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2012)

Avec:

MGc : Maraichage_ Grandes cultures

COM : Céréales_Oléagineux_ Maraichage

COFCs : Céréales_Oléagineux_Fourrage_Cultures sucrières

OCFCs : Oléagineux-Céréales_Fourrage-Cultures sucrières

CFCiA : Céréales_Fourrages_Cultures industrielles_Arboricultures

MFr : Maraichage_Fruits rouges

L'analyse des résultats de la valorisation de la toxicité humaine (Marge/Utox_IRSA) et environnementale (Marge/Utox_IRTE) par les différents systèmes de productions montre que seul le système de production Céréales_Fourrages_Cultures industrielles_Arboricultures a une faible valorisation (Tableau 63).

Tableau 63. Valorisation de la toxicité humaine (Marge/Utox_IRSA) et environnementale (Marge/Utox_IRTE) par les différents systèmes de cultures

CDA	Nom du système de culture	SAU (ha)	Marge/Utox_IRSA	Marge/Utox_IRTE
Mnasra	Maraichage_ Grandes cultures	5	6,8	8,0
Sidi Lahmar	Céréales_Oléagineux_ Maraichage	5	7,3	7,8
Souck Tlet	Céréales_Oléagineux-Fourrage_Cultures sucrières	5	3,6	8,5
Souck Larbâa	Oléagineux-Céréales_Fourrage-Cultures sucrières	5	6,6	7,8
Hraid	Céréales_Fourrages_Cultures industrielles_Arboricultures	5	1,1	1,9
Lalla Mimouna	Maraichage_Fruits rouges	5	6,9	8,8

Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2012

De son côté, la structure de l'exploitation conditionne peu ou pas la pression et les risques de toxicité par les phytosanitaires. En revanche l'effectif d'agriculteurs au niveau du bassin versant joue un rôle important, L'exemple du système de production Céréales_Oléagineux_ Maraichage pratiqué par deux groupes agriculteurs: Sidi Mohamed Lahmar_G1 représenté par 2500 agriculteurs et Sidi Mohamed Lahmar_G1 représenté par 250 agriculteurs montre que malgré leurs exploitations sont de petites structure (<5 ha) leur poids à augmenter la pression totale (IFT total), le risque de toxicité humaine (IRSA total) et environnementale (IRTE total) (Figure 74).

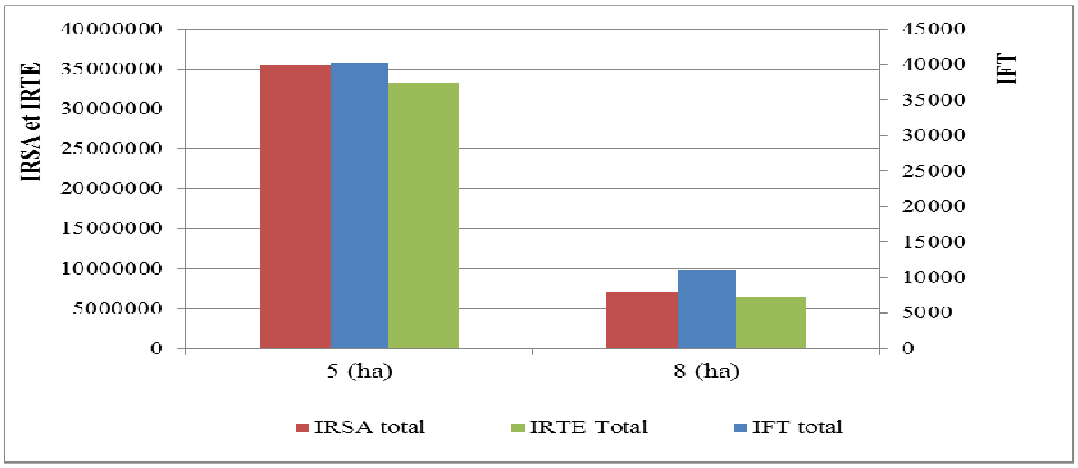


Figure 74. La pression et la toxicité totales sont conditionnées par la Poids du système de culture au sein du bassin versant (Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2012)

En revanche la valorisation de la toxicité et de l'écotoxicité à l'hectare n'est pas influencée par le poids du système de productions au sein du bassin versant. Les deux groupes d'agriculteurs pratiquant le système de culture Céréales_Oléagineux_ Maraichage ont presque le même niveau de valorisation (Tableau 64).

Tableau 64. Valorisation de la toxicité humaine (Marge/Utox_IRSA) et environnementale (Marge/Utox_IRTE) par Les deux groupes d'agriculteurs pratiquant le système de culture Céréales_Oléagineux_ Maraichage

CDA Sidi Mohamed Lahmar	Surface de l'exploitation (ha)	% _nombre d'agriculteurs	% SAU-BV	Marge/ Utox_IRSA	Marge/ Utox_IRTE
Céréales_Oléagineux_ Maraichage_G1	5	33,4	25,6	7	8
Céréales_Oléagineux_ Maraichage_G2	8	4,2	5,1	8	9

Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2012

La stratégie de l'agriculteur face aux maladies et ravageurs se traduit aussi par une variation de la pression phytosanitaire (IFT), de la toxicité sur la santé de l'applicateur (IRSA) et la toxicité environnementale (IRTE). La comparaison des pratiques phytosanitaires, cas du produit phytosanitaire (Actara), de trois agriculteurs du bassin versant sur la culture de tomate et de melon le prouve (Tableau 65). L'agriculteur n° 52 applique 5 fois la dose homologuée alors que le n°22 applique 2.5 fois. Ces comportements se sont traduits par une variation de l'IRSA et de l'IRTE.

Tableau 65. Variation de l'utilisation de l'Actara suivant les stratégies des agriculteurs

Nom Culture	IRTE total	IRSA total	dose appliquée (kg)	dose homologuée (kg)	IFT
Tomate 22	3364	51	0,48	0,2	2,4
Tomate 52	4096	153	1	0,2	5
Melon 22	4096	102	0,5	8	0,1
Melon 52	4096	153	1	8	0,1
Melon 6	3364	51	0,4	8	0,1

Source: Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2012

3.4 Une pollution phytosanitaire diffuse en liaison avec la structuration de l'espace : gestion de l'iniquité spatiale et sociale

Les valeurs des IFT, des IRSA et des IRTE trouvent leur explication dans les modes de conduite technique suivant les types ITK, des orientations culturales, des systèmes de cultures et des comportements des agriculteurs face aux maladies et ravageurs. L'analyse des données a montré qu'une partie du territoire est exemptée des traitements phytosanitaire et que la

pollution phytosanitaire diffuse est en liaison avec la structuration de l'espace et source d'iniquité spatiale et sociale.

3.4.1 Une partie du territoire exemptée des traitements phytosanitaires

L'analyse des itinéraires techniques (ITK) pratiqués par les agriculteurs enquêtés a révélé qu'une partie du territoire d'étude est exempté de traitements phytosanitaires. Il s'agit de 52% des emblavements en tournesol, 42% des emblavements en blé tendre, 18% des emblavements en bersim, 4 % des emblavements en arachides et 2% des emblavements en maïs grain (Figure 75). Le tournesol et l'arachide sont connus par les agriculteurs comme des cultures moins exigeantes en phytosanitaires. En revanche, le bersim n'est pas traité afin d'éviter d'intoxiquer le bétail.

Même si ces trois cultures ne constituent pas les cultures à contribution la plus élevée à la pollution phytosanitaire par intensification de l'ITK, leur SAU est très considérable au sein du bassin versant. Les oléagineux occupent un quart de la SAU du bassin versant et les céréales 41%. (Figure 53).

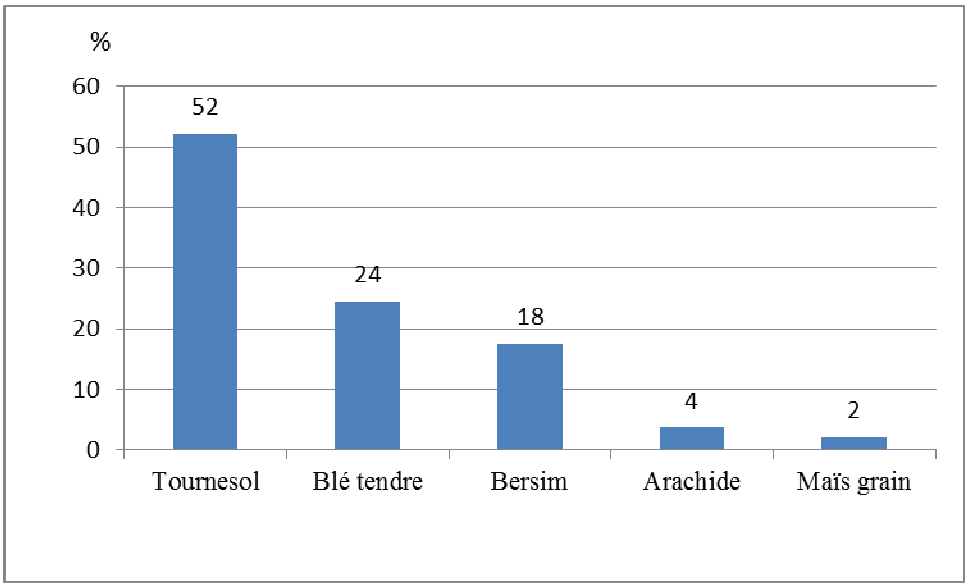


Figure 75. Part des emblavements de tournesol, bersim et arachide exemptés de traitements phytosanitaires (Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2012)

L'ensemble des emblavements exemptés de traitements phytosanitaires se caractérise par une répartition géographique inégale aux niveaux des CDA du bassin versant de la Merja Zerga. 35 % des emblavements sont localisés au niveau du CDA de Souck Larbaâ alors que 5 % seulement se situent au niveau du CDA de Sidi Mohemd Lahmar (Figure 76). Cette répartition contribue indirectement à une iniquité spatiale liée à la pollution phytosanitaire diffuse.

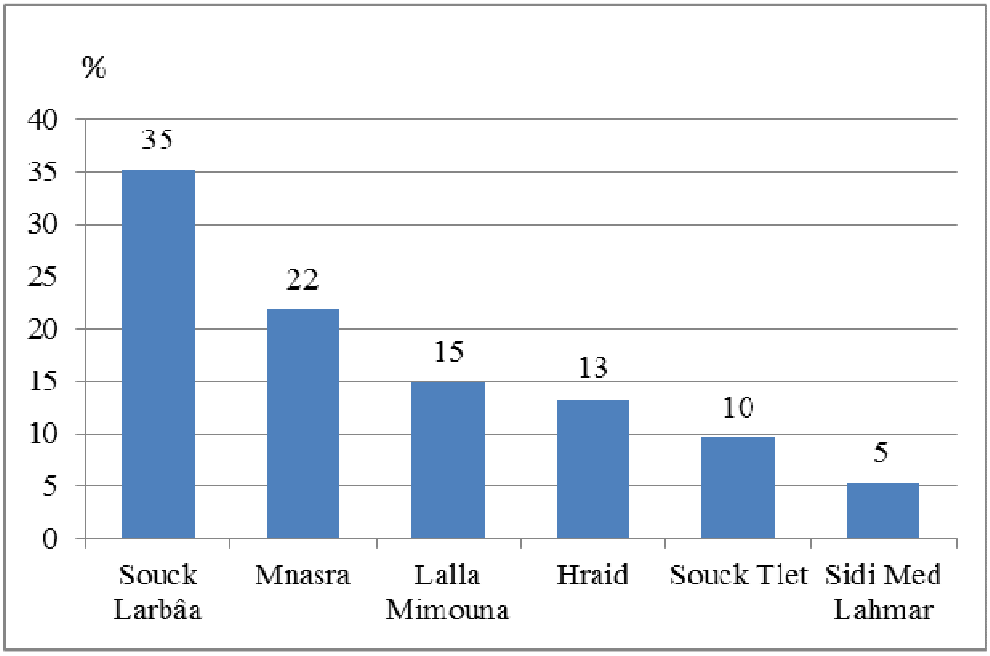


Figure 76. Pourcentage de l'ensemble des emblavements exemptés de traitements phytosanitaires par CDA (Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2012)

Ces parties agricoles du territoire ne génèrent ni pression phytosanitaire (IFT = 0), ni toxicité humaine (IRSA = 0) ni toxicité environnementale (IRTE = 0). On ajoute à ces terres agricoles non contributrices à la pollution phytosanitaires diffuses, les forêts et les parcours de pâturage extensif.

3.4.2 Pollution phytosanitaire diffuse en liaison avec la structuration de l'espace : gestion de l'iniquité spatiale et sociale

De l'analyse des systèmes de fonctionnements spatiaux issus de la synergie des différents paramètres contributeurs (ITK, orientation culturale, système de culture, stratégie de l'agriculteur et milieu pédoclimatique) à la pression phytosanitaire (IFT), au risque de toxicité sur la santé de l'applicateur (IRSA) et au risque de toxicité environnementale (IRTE) ressort que la contribution à polluer présente une inégalité géographique (Figure 77). Cette inégalité de distribution spatiale peut être attribuée à la SAU occupée par chaque système de fonctionnement spatial.

Le système de production végétale Hraid contribue le plus à la pression phytosanitaire et au risque de toxicité humaine.

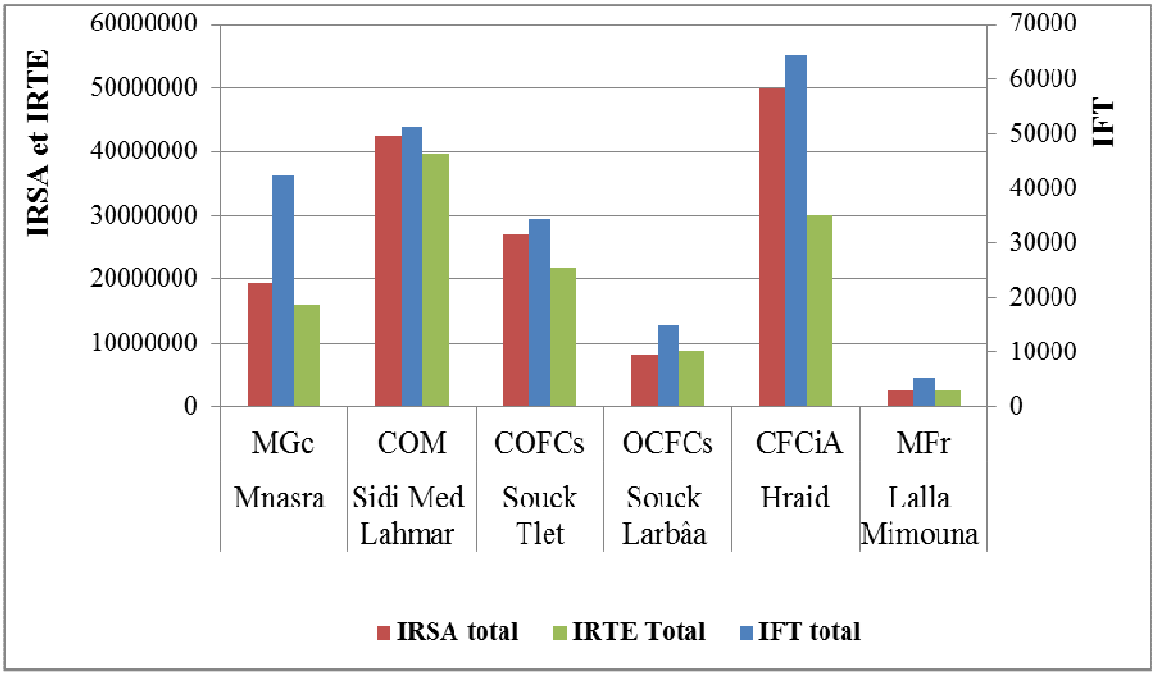


Figure 77. Estimation de la contribution des systèmes de cultures types à IFT total, IRSA total et IRTE total du bassin versant au cours de la campagne agricole 2011/2012 (Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2012)

Avec :

MGc : Maraichage_ Grandes cultures

COM : Céréales_Oléagineux_ Maraichage

COFCs : Céréales_Oléagineux-Fourrage_Cultures sucrières

OCFCs : Oléagineux-Céréales_Fourrage-Cultures sucrières

CFCiA : Céréales_Fourrages_Cultures industrielles_Arboricultures

MFr : Maraichage_Fruits rouges

La contribution des différentes zones à la pression phytosanitaire (IFT) varie de très faible à très forte. Le système Hraid présente la plus forte contribution à l'IFT global du bassin versant tandis que la zone de Lalla Mimouna se caractérise par la contribution la plus faible (Figure 78).

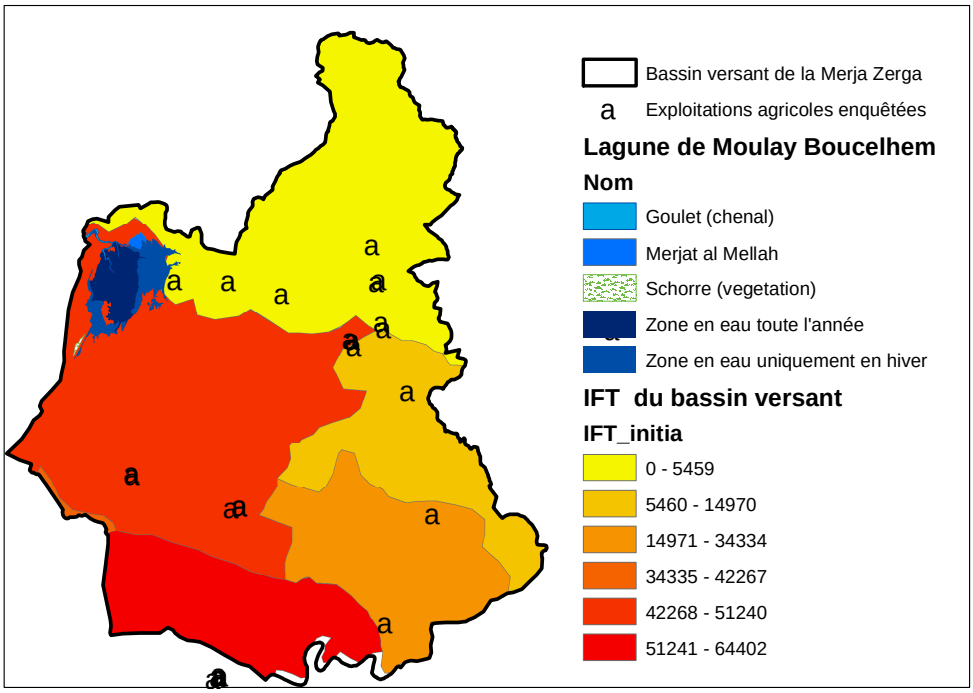


Figure 78. Estimation de la contribution des systèmes de productions végétales types à l'IFT total du bassin versant au cours de la campagne agricole 2011/2012 (Source et Réalisation : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2012)

La contribution au risque de toxicité humaine global du bassin versant présente une variation spatiale d'un système de production végétale à l'autre (Figure 79). Une grande partie du bassin versant génère un très faible IRSA. Les agriculteurs de Lalla Mimouna (1,6% de l'effectif total), de Sidi Mohamed Lahmar (37,5%) et de Souck Larbâa (5,8%) encourent moins de risque de toxicité (Tableau 40). Ceux de Mnasra et de Souck Tlet sont exposés à un risque de toxicité humaine de moyenne contribution. En revanche les agriculteurs de Hraid contribuent très fortement à la toxicité humaine du bassin versant. Cette contribution peut être attribuée aux nombres d'agriculteurs par système de culture type et/ou aux types d'itinéraires techniques pratiqués par les agriculteurs de chaque zone. Au niveau de Lalla Mimouna les productions agricoles sont destinées en grande partie à l'export. Les agriculteurs sont soumis à des normes de certification dont EurepGAP.

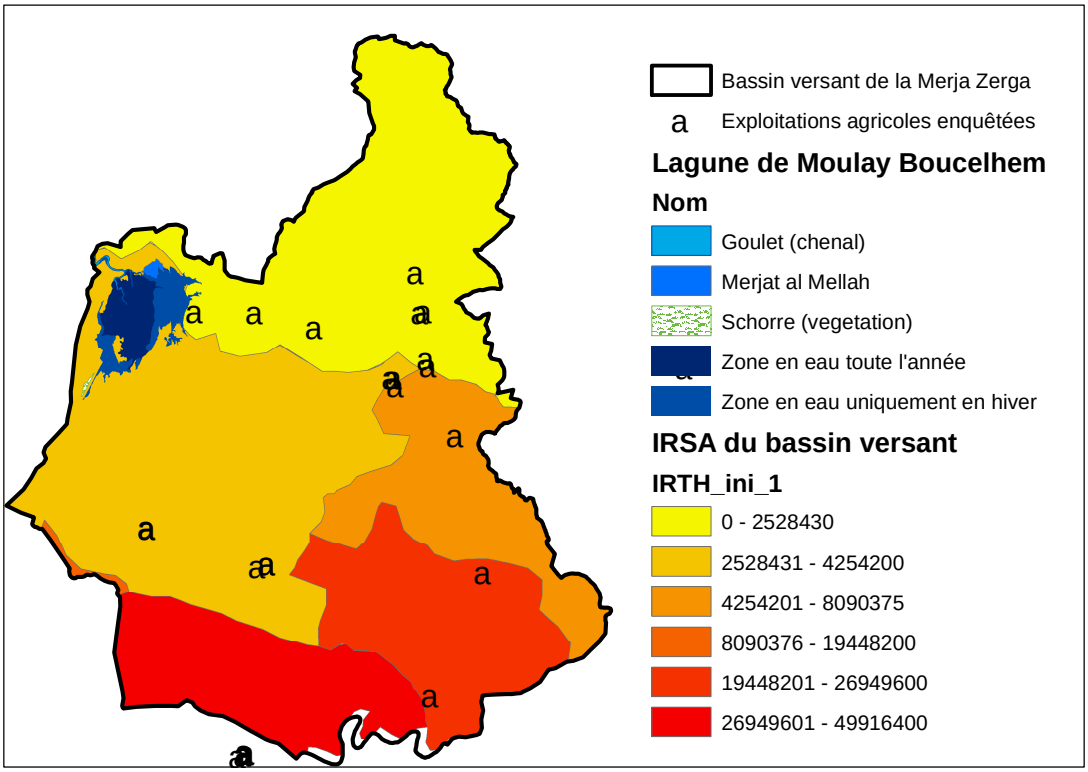


Figure 79. Contribution des systèmes de productions végétales types à l'IRSA total du bassin versant au cours de la campagne agricole 2011/2012 (Source et Réalisation : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2012)

La contribution à la pollution diffuse du milieu naturel et au risque de toxicité environnementale présente une variation spatiale et une inégalité à la propension à polluer (Figure 80). La zone de Sidi Mohamed Lahmar hébergeant la réserve biologique de la Merja Zerga présente une contribution très forte à l'IRTE. Vient en seconde position Hraid. La zone présente une contribution forte engendrant une pollution phytosanitaire diffuse plutôt d'Oued Sebou. Mnasra et Souck Tlet contribuent moyennement à l'IRSA. De son côté Lalla Mimouna présente la contribution la plus faible. On peut attribuer cette contribution d'une part à la SAU des deux zones, d'autre part aux comportements des agriculteurs des deux zones et à leur perception des risques de toxicité environnementale. Cette contribution est intra-variable d'un micro-bassin à l'autre au sein d'une même zone morphologique (Figure 81). Cette intra-variabilité peut être due à la mobilité des matières actives.

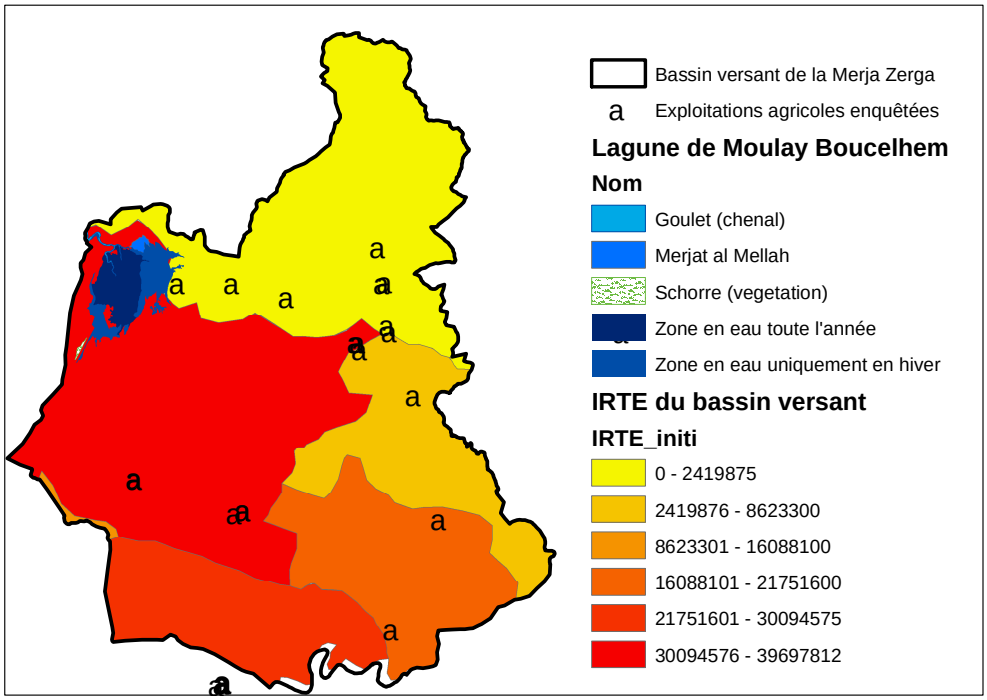


Figure 80. Contribution des systèmes exploitations types à l'IRTE total du bassin versant au cours de la campagne agricole 2011/2012 (Source et Réalisation : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi, 2012)

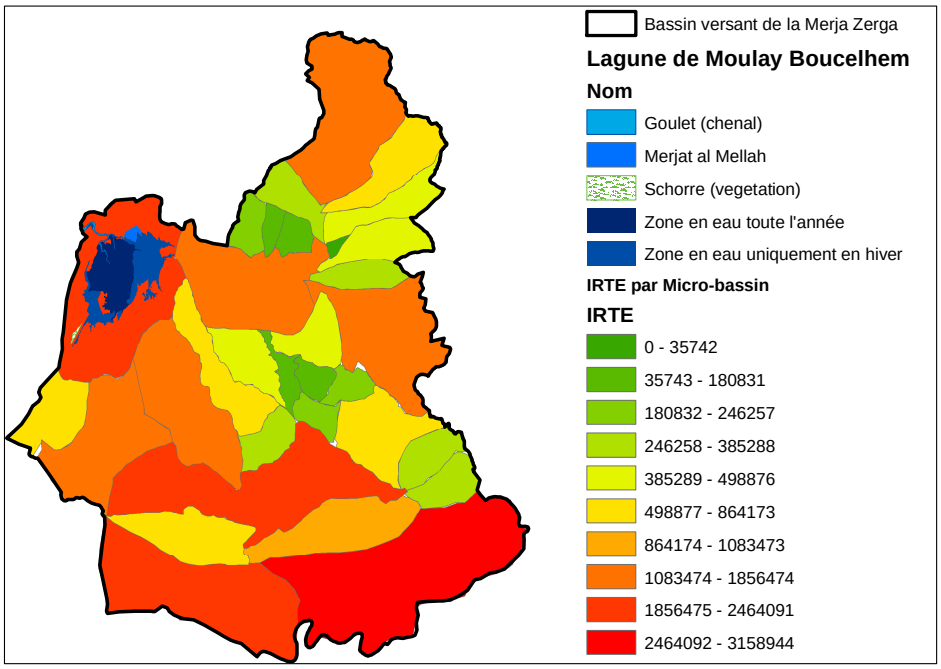


Figure 81. IRTE générés par les micro-bassins au cours de la campagne agricole 2011/2012 (Source et Réalisation : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi, 2012)

L'analyse a révélé aussi une iniquité sociale induisant parfois une utilisation excessive des produits phytosanitaires (non-respect des doses homologuées) par certains agriculteurs ou l'utilisation de produits interdits. Cette iniquité sociale peut être attribuée au niveau éducatif des agriculteurs et au manque de connaissance des techniques de conduite des différentes cultures agricoles. 60 % des agriculteurs enquêtés sont analphabètes et gèrent une exploitation de petite (moins de 5 ha) ou moyenne taille (5 à 10 ha) héritée ou acquise lors de la réforme agraire. Cette iniquité sociale peut être aussi attribuée à la valorisation du risque de toxicité sur la santé de l'applicateur (Marge/Utox_IRSA) et du risque de toxicité environnementale (Marge/Utox_IRSA) (Figure 82). Le système de fonctionnement spatial de la zone de Mnasra valorise le mieux le risque de toxicité humaine et environnementale. En revanche ceux de Hraid et de Souck Tlet sont les moins valorisants.

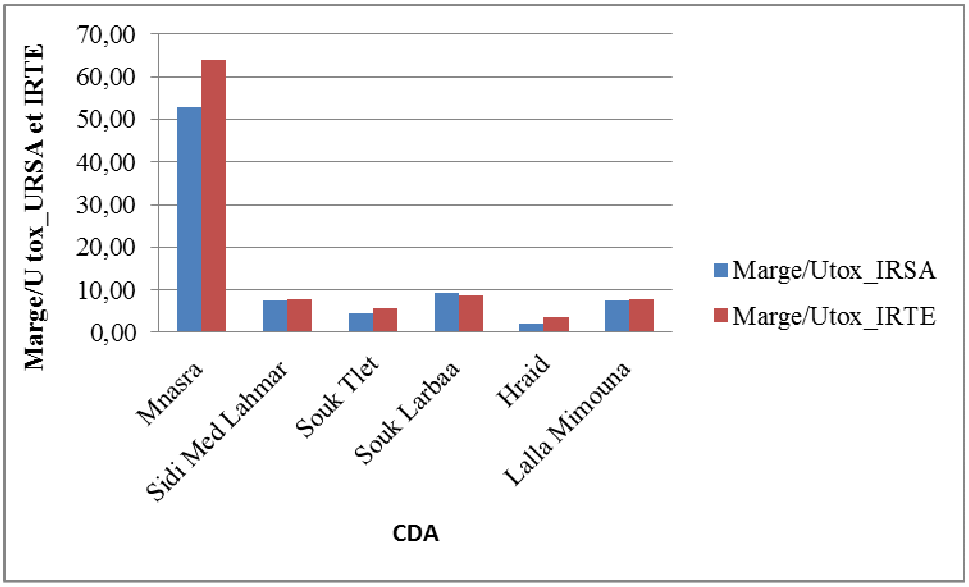


Figure 82. Estimation de la valorisation du risque de toxicité humaine et environnementale par les différents systèmes de culture du bassin versant (Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2013)

Conclusion du chapitre IX

Afin de rendre compte de l'ampleur de la pollution phytosanitaire au niveau du bassin versant de la Merja Zerga trois points ont fait l'objet d'une analyse au niveau de ce chapitre. Il s'agit de la conduite des cultures et des pratiques phytosanitaires (i), des comportements des agriculteurs face aux organismes nuisibles (champignons, ravageurs et mauvaises herbes) (ii) et des conséquences environnementales sur la santé humaine et l'environnement induites par les pratiques et les comportements des agriculteurs (iii).

De cette analyse nous pouvons conclure que les cultures agricoles n'exigent pas les mêmes traitements phytosanitaires dans la mesure où ni les agents causaux ni les conditions naturelles ne sont les mêmes au niveau du territoire étudié. Dans le cas du territoire de la Merja Zerga, il convient de souligner le fait que les cultures maraichères, de bananes et de fruits rouges sont les plus demandeuses en phytosanitaires et dans une moindre mesure, certaines grandes cultures dont les cultures fourragères. Une analyse globale des conduites techniques par culture rend compte de cette question. Selon cette perception, la distribution

des cultures au niveau de l'espace structuré du bassin versant fournit une indication sur une contribution différenciée spatialement de la pression phytosanitaire.

Une forte différenciation est introduite au niveau des itinéraires techniques pour une même culture. Cette différenciation est le résultat de la stratégie de l'agriculteur et de son comportement face aux organismes nuisibles. Ces comportements dépendent de l'aversion au risque de l'agriculteur de son niveau éducatif (nombreux sont analphabètes) et de sa sensibilité environnementale et/ou de sa perception individuelle de l'espace géré et structuré. Ces comportements sont de trois catégories : absence de considération de l'environnement, comportements issu d'une attraction économique et ceux liés à une connaissance étendue des effets néfastes des pesticides sur l'environnement.

La formalisation des pratiques phytosanitaires sous forme d'indicateurs de pression (IFT) et d'indicateurs de risques de toxicité sur la santé de l'applicateur (IRSA) et environnementale (IRTE) et leur spatialisation ont été de grande importance pour comprendre les différences de conduites pour des espèces similaires: regard porté sur la toxicité du produit ; choix de l'itinéraire technique, de l'orientation culturale et d'un système de culture, non prise en compte de l'impact des phytosanitaires sur la santé et l'environnement, etc.

À l'échelle du bassin versant et au regard de la diversité des conduites des cultures, l'orientation culturale et le système de cultures constituent les critères intégrant la plus grande différenciation spatiale. Les orientations culturales jouent en effet un rôle explicatif majeur dans la pression phytosanitaire et les risques de toxicité sur la santé humaine et l'environnement. Il en est de même, dans le cas de la banane et du maraichage, en ce qui concerne le système de production végétale : la localisation géographique et le fonctionnement spatial est ainsi souligné. C'est de cette façon que nous avons fait le lien entre espace et environnement, entre structure de l'espace du bassin versant, logique de gestion de l'espace des exploitations et pratiques phytosanitaires : la distribution des différentes valeurs d'IRSA et de IRTE trouve une certaine logique dans le zonage sur la base des CDA. Cette relation est bien entendu pondérée par les types de comportement de lutte face aux organismes nuisibles et par un ensemble d'inconnues propres aux modalités de conduite des espèces (réactions aux attaques). Malgré, cette relation soulève la question de la résolution d'un problème environnemental (santé des agriculteurs, pollution diffuse de la Merja Zerga et des nappes souterraines) par l'aménagement et la gestion de l'espace.

CHAPITRE X

QUELLE STRATEGIE DE GESTION DE LA POLLUTION PHYTOSANITAIRE AU NIVEAU DU TERRITOIRE DE LA MERJA ZERGA : RESULTATS DU JEU DE SIMULATIONS SIMPHY

Dans ce qui précède nous avons montré que les logiques de gestion de l'espace sont en liaison avec les contraintes naturelles (bioclimat, topographie et types de sols) et socio-économiques (SAU, mode de faire-valoir, aménagement hydro-agricole) des exploitations agricoles. Au niveau de la parcelle culturale, les risques potentiels de toxicités liés aux phytosanitaires dépendent aussi des cultures et des rotations culturales qui sont la résultante des logiques de construction des ITK et des pratiques phytosanitaires. Le lien entre la mise en œuvre des pratiques phytosanitaires et la structuration du territoire agricole est ainsi montré.

L'analyse pluri-échelle du territoire: du bassin versant à l'exploitation agricole a permis de mettre en exergue la construction de l'espace du territoire de la Merja Zerga, la répartition des logiques de gestion de l'espace; la distribution des orientations culturales et des systèmes de productions végétales. Les conséquences environnementales sont évaluées à travers l'identification des pratiques phytosanitaires au niveau de l'itinéraire technique, l'orientation culturale et du système de production végétale. L'identification de ces critères nous a amené à poser la question de la stratégie de gestion de l'espace pour la modification des pratiques phytosanitaires afin de réduire les risques de toxicité sur la santé humaine et environnementale. Dès lors émerge l'hypothèse que la mise en place d'une stratégie de gestion concertée par jeu de simulation et participation des acteurs du territoire pourrait permettre une réduction des indicateurs de pression (IFT) et de risques de toxicité sur la santé de l'applicateur (IRSA) et environnementale (IRTE) ou conduire à un changement de leur distribution (éloignement des zones contributrices dont le réseau de drainage et les sols à texture sablonneuse) tout en assurant une viabilité économique des exploitations et une durabilité sociale par réduction de l'iniquité spatiale et sociale.

Quels sont les impacts de la mise en place de politiques de réduction des phytosanitaires par règlementation sur la viabilité économique des exploitations ? Est-ce que cela permet une réduction de la pollution phytosanitaire diffuse et des risques de toxicité sur la santé humaine et l'environnement ? Et dans le cas de mise en place d'une politique de sécurité alimentaire par intensification et augmentation des productions de certaines cultures et aménagement de l'espace, est ce que cela se traduira par une augmentation de la pollution phytosanitaire diffuse ?

En vue de vérifier notre hypothèse, nous avons mis en place, dans le cadre d'une approche participative, un jeu de simulation SimPhy permettant de prendre en compte la complexité du territoire en lien avec ses acteurs, leurs stratégies et les différents niveaux d'organisation spatiale : du bassin versant à la parcelle culturale. Le jeu de simulation SimPhy a plusieurs objectifs: (i) un apprentissage et une compréhension des contraintes qui pèsent sur les différents systèmes de productions, (ii) une définition des stratégies d'adaptation et de gestion du risque (en fonction du niveau d'aversion au risque), enfin (iii) une capitalisation par l'expérience qui permettra de juger de la faisabilité d'objectifs réglementaires et des politiques agricoles régionale et nationale (cas du Plan Maroc Vert au niveau de la région du Gharb-Chrarda-Bni-Hssen). Avant de présenter les résultats du jeu nous faisons un retour sur

la démarche, compte tenu qu'un des objectifs est la mise en place d'un itinéraire méthodologie générique applicable à d'autres territoires.

1. Présentation du jeu SimPhy : retour sur la démarche

La conception et la mise en œuvre du jeu SimPhy a abouti à un territoire virtuel basé sur les informations d'un système réel du territoire de la Merja Zerga, des parties prenantes constitué des joueurs de SimPhy et un support informatique « Merja_Phytos » décliné en modèles individuels par groupe et un modèle régional du bassin versant.

1.1. Le territoire espace structuré, géré et perçu

Le territoire du jeu SimPhy est le territoire de la Merja Zerga. Son bassin versant dispose d'une SAU agricole (Surface Agricole Utile) de l'ordre 39050 ha répartis sur 5994 exploitations agricoles. Il se caractérise par des système de productions végétales dont le fonctionnement est de type spatial (défini précédemment au Chapitre VII §2. Des exploitations-types à dire d'acteurs suivant un fonctionnement spatial). Six grands systèmes de productions végétales ont été distingués : Maraichage_ Grandes cultures, Céréales_Oléagineux_Maraichage, Céréales_fourrages_Cultures industrielles Arboricultures, Céréales_Oléagineux-Fourrage_Cultures sucrières, Oléagineux-Céréales_Fourrage-Cultures sucrières, Maraichage_Fruits rouges (Tableau 40). Chaque système de production végétale est constitué de deux sous-groupes définis en fonction de la surface des exploitations agricoles. Pour chaque système de production végétale type est assigné un ensemble d'assolements potentiel.

1.2 Parties prenantes du territoire : les joueurs de SimPhy

Lors du jeu les parties prenantes sont représentées par douze agriculteurs[38], l'état et le marché.

Les 12 agriculteurs gèrent des exploitations types représentatives de l'agriculture du territoire par CDA. Il s'agit des exploitation-types: Mnasra_G1 et Mnasra_G2 représentant les agriculteurs du CDA de Mnasra,Hraid_G1 et Hraid_G2 représentant les agriculteurs du CDA de Hraid, Sidi Mohamed Lahmar_G1 et Sidi Lahmar_G2, représentant ceux du CDA de Sid Mohamed Lahmar, Souck Tlet_G1 et Souck Tlet_G2, pour le CDA de Souck Tlet, Souck Larbâa_G1et Souck Larbâa_G2, au niveau du CDA de Souk Larbaâ et Lalla Mimouna_G1et Lalla Mimouna_G2 comme agriculteurs du CDA de Lalla Mimouna (Tableau 40).

L'état met en place des politiques agricoles et des réglementations pour la gestion de l'agriculture.

Les agents de la distribution représentent le marché local et international des produits agricoles.

[38] A cause du problème d'analphabétisme des agriculteurs, nous avons eu recours à des techniciens et ingénieurs des ORMVA pour simuler les différents scénarios. Ils se sont mis dans une position d'acteurs ou d'agriculteurs qui gèrent leurs exploitations agricoles.

Pour la manipulation du logiciel Olympe, les techniciens et les ingénieurs des ORMVA ont été aidés par les étudiants de l'IAV Hassan II.

1.3 Le support du jeu SimPhy : un modèle conceptuel autour de la plate-forme « Olympe »

Le support de SimPhy est le modèle Merja _Phytos issu du couplage de la plate-forme Olympe avec le SIG et les indicateurs de pression et de toxicité. Le modèle est décliné en douze sous-modèles individuels et un modèle régional représentant les douze exploitations-types et leur poids au niveau du bassin versant de la Merja Zerga.

Au niveau de chaque modèle individuel d'une exploitation-type les cultures sont conduites suivant un ITK à bas, moyen et fort intrants issus du travail d'analyse des techniques de conduites des différentes cultures agricoles au niveau du chapitre précédent (Chapitre IV)

Le modèle régional présentant l'agrégation des modèles individuels est géré par le joueur représentant l'état suite à une pondération par les effectifs des différents systèmes de culture du bassin versant.

1. Analyse des résultats de la phase d'initiation : apprentissage et compréhension des contraintes des différents systèmes de production

La première année dans le jeu (2012) ou scénario initial (Tableau 12 du chapitre VI), a permis aux « joueurs » d'apprendre à définir des procédures de gestion des quantités à produire par rapport aux potentialités du marché et à gérer les risques induits par une pression phytosanitaire dans le choix des itinéraires techniques. Nous sommes partis de l'hypothèse que, dans cette période, les agriculteurs contribuent à100 % à la marge brute globale au niveau du territoire de la Merja Zerga et génèrent 100 % de pression phytosanitaire (soit 100 % d'IFT) et de risques de toxicité humaine et environnementale (soit respectivement 100 % d'IRSA et 100 % d'IRTE).
L'analyse des résultats de cette étape montre que ni la contribution à la marge brute globale ni la pollution phytosanitaire générée ne sont à part égale pour les six systèmes de productions végétales représentatifs de l'agriculture du bassin versant de la Merja Zerga. Il ressort des résultats du test du scénario initial que la contribution des systèmes de productions végétales à la marge globale du bassin versant ne dépend ni de la SAU totale ni de l'effectif d'agriculteurs représenté par le système de production végétale à l'échelle du bassin versant de la Merja Zerga. Elles dépendent des caractéristiques des systèmes de productions végétales (assolements, ITK, milieu physique).

Par exemple, le système de production végétale Maraichage_Grandes cultures localisé au niveau du CDA de Mnasra contribue avec environ 62 % à la marge globale du bassin versant bien qu'il n'occupe que 13 % de la SAU du bassin versant et ne présente que 11 % des agriculteurs du territoire. En revanche le système de production végétale Céréales_Oléagineux_Maraichage (CDA Sidi Mohamed Lahmar) occupe 1/3 de SAU du bassin versant et représente 38 % des agriculteurs mais ne contribue que pour 19 % à la marge brute globale et génèrent 24 % d'IFT, 28 % d'IRSA et 33 % d'IRTE (Tableau 66).

Tableau 66. Contribution du système de production Maraichage_Grandes cultures et Céréales_Oléagineux_Faible maraichage à la marge brute globale et à la pollution phytosanitaire diffuse.

Nom du système de production végétale	Effectifs d'agriculteurs (%)	SAU (%)	Marge totale (%) Scénario initial	IFT (%)	IRSA (%)	IRTE (%)
CDA_Mnasra : Maraichage_ Grandes cultures	10,8	13,4	61,7	19,9	13,0	14,0
CDA_Sidi Mohamed Lahmar : Céréales_Oléagineux_maraichage	37,5	30,7	18,8	24,1	28,5	33,0

Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012

3. Révélation des différentes stratégies d'adaptation et de gestion du risque sous contraintes règlementaires

En partant de l'hypothèse que les conditions du milieu naturel (pression phytosanitaire et climat) et du marché sont les mêmes que celles du scénario initial et que seule la règlementation contraint les agriculteurs dans leur stratégie de maximisation des marges individuelles et globales du territoire, le test des scénarios 1, 2 et 3 a montré une grande capacité globale d'adaptation des agriculteurs (Figure 83).

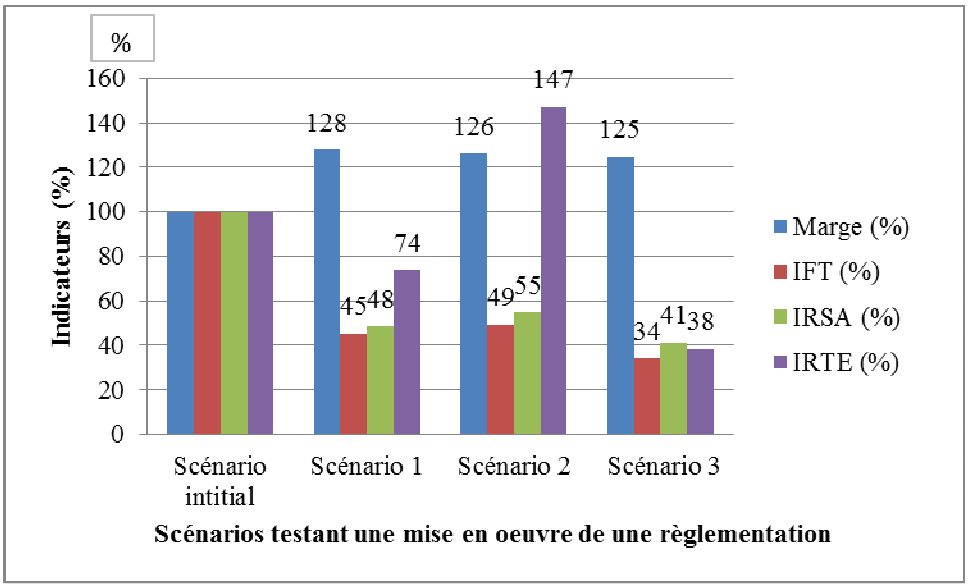


Figure 83. Évolution des indicateurs (Marge, IFT, IRSA et IRTE) du territoire de la Merja Zerga au cours du jeu SimPhy (Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012)

Dès le premier scénario l'objectif final du jeu est atteint (-40 % IFT et -40 % IRSA), soit une réduction de 55 % d'IFT et 42 % IRSA et 36 % d'IRTE et une augmentation de la marge brute de 28%. Ceci est le résultat d'un choix de cultures économes en phytosanitaires et génératrices de marge brute élevée.

En revanche, le test du scénario 2 a montré une perte de 2 % de la marge brute et une augmentation de la pression par rapport à la campagne précédente compte tenu que les joueurs représentant les groupes de producteurs du CDA de Lalla Mimouna n'ont pas appliqué la réglementation. Si une réduction globale de - 40 % d'IFT et de - 20 % d'IRSA égale à la somme des contributions individuelles est atteinte. Or les conséquences environnementales sont fatales, le test du scénario 2 a montré une augmentation de l'IRTE de 47 % par rapport à l'année de référence et de 83 % par rapport à la campagne agricole précédente (Figure 83). De ce fait si les objectifs de réduction de la pression et des risques de toxicité des phytosanitaires sont atteints, ceux pour la protection de la biodiversité et l'environnement ne sont pas atteints. Pour une efficience dans le choix de produits phytosanitaires économes en phytosanitaires et à moindres risques pour la santé et l'environnement, une analyse des IRSA et des IRTE pour un choix des produits phytosanitaires a priori s'impose.

Dans le scénario 3, l'objectif est aussi atteint : une réduction globale de plus que 50 % de la pression et des risques de toxicité humaine et environnementale est faisable avec maximisation de la marge globale, soit moins de 56 % d'IFT, moins 59 % d'IRSA et moins 62 % d'IRTE par rapport à 2012 (année de référence). On constate que d'une campagne agricole à l'autre les joueurs améliorent leurs stratégies de gestion et arrivent à s'adapter aux conditions du milieu naturel, marché et règlementation.

Selon les possibilités de la règlementation, les différents groupes de joueurs ont misé sur des choix de cultures à marge élevé mais aussi d'ITK de faible à moyenne consommation et toxicité phytosanitaire (Figure 83).

Pour l'ensemble des scénarios, on observe donc une très grande variabilité entre les groupes (Figure 84, Figure 85, Figure 86, Figure 87).

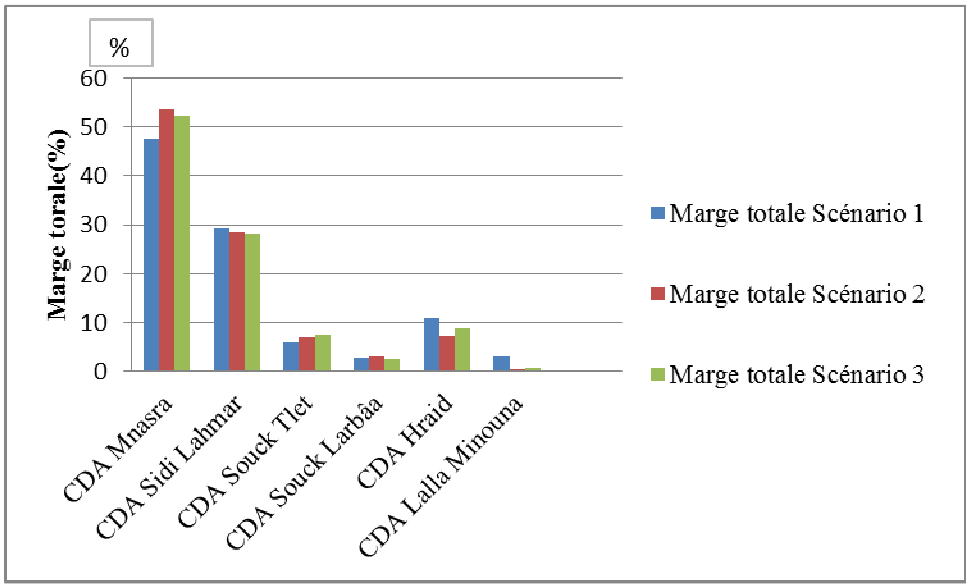


Figure 84. Taux de contribution des six systèmes de cultures à la marge totale du bassin versant (Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012)

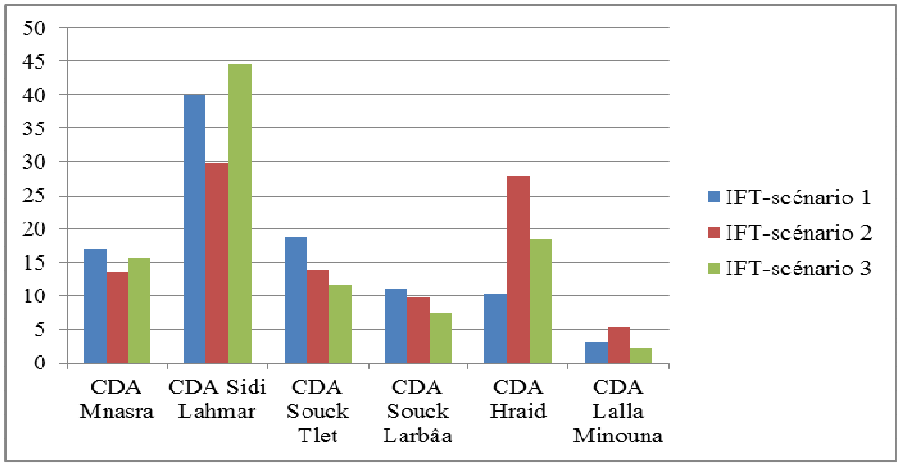


Figure 85. Taux de contribution des six systèmes de cultures à pression phytosanitaire totale au niveau du bassin versant (Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012)

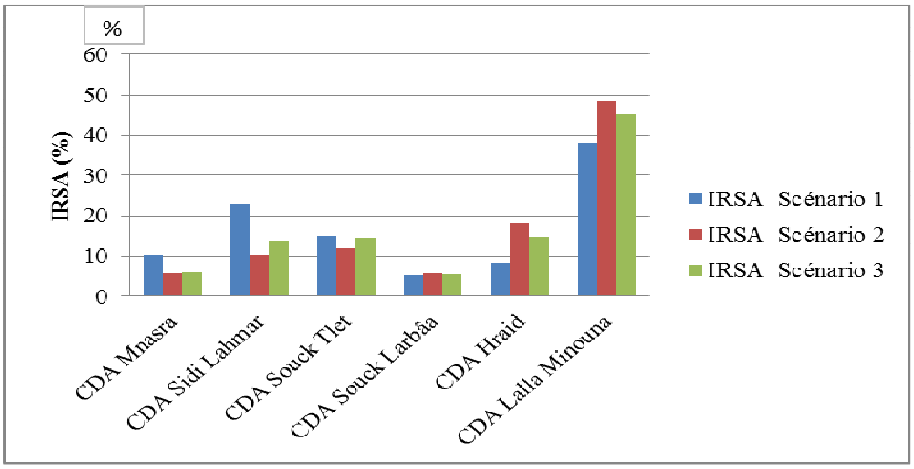


Figure 86. Taux de contribution des six systèmes de cultures à la toxicité humaine totale au niveau du bassin versant (Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012)

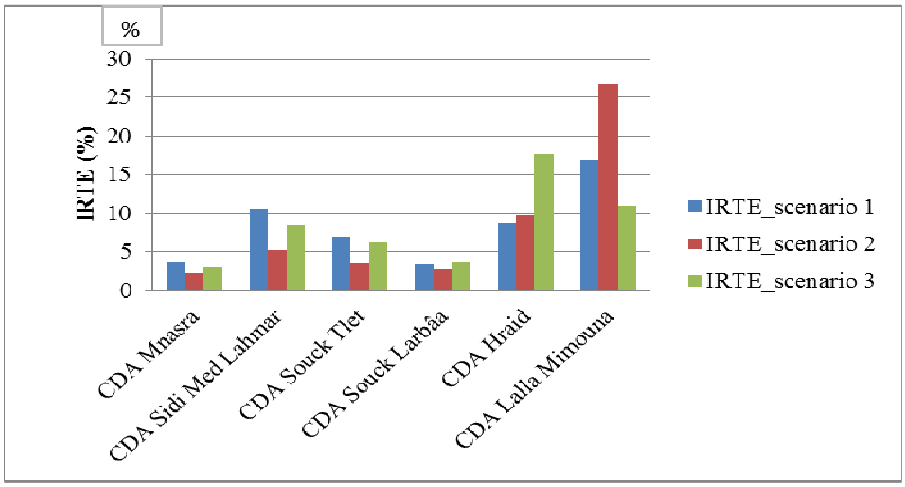


Figure 87. Taux de contribution des six systèmes de cultures à toxicité environnementale totale au niveau du bassin versant (Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012)

L'introduction de contraintes réglementaires à gérer individuellement (selon les différents scénarios (Tableau 12 du chapitre VI) met en exergue l'inégalité des possibilités d'adaptation entre les systèmes et les stratégies possibles dans un même système, ceci en fonction notamment des possibilités et des performances des différents itinéraires techniques possibles.

Ainsi, les caractéristiques des systèmes de production contraignent plus ou moins les marges de décisions, en fonction des possibilités de changement d'itinéraires techniques. Par exemple, le système de production végétale céréales-oléagineux-cultures sucrières (CDA de Souck Larbâa) a baissé sa marge en appliquant les différentes règlementations (Tableau 67). Il a contribué négativement à la marge globale.

Tableau 67. Variation des marges brutes des différents systèmes de cultures du bassin versant de la Merja Zerga suivants les scénarios testés.

Système de production végétale	Marge en % Scénario initial	Marge en % Scénario 1	Marge en % Scénario 2	Marge en % Scénario 3
CDA Mnassra	100,00	96,91	107,01	101,62
CDA Sidi Mohamed Lahmar	100,00	193,31	145,02	115,67
CDA Souck Tlet	100,00	78,43	103,73	101,83
CDA Souck Larbâa	100,00	87,80	90,69	69,44
CDA Hraid	100,00	308,35	197,65	244,22
CDA Lalla Minouna	100,00	336,76	42,31	83,56

Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012

Dans le scénario 1, Le CDA de Souck Larbâa a perdu 13, 2 % de sa marge brute initiale en réduisant de 29 % son IFT. Dans le scénario 2, ce groupe n'a pas su respecter la règlementation. Il n'a réduit son IFT que de 31,7 % au lieu des 40% imposé. Son IRSA a augmenté de 59,7 % au lieu de dimunier de 20% tel qu'il a été prescrit par la réglementation. Ceci s'est traduit aussi par une augmentation de toxicité environnementale de 10 % (Tableau 68). Malgré la non-conformité à la réglementation la baisse des quantités des produits phytosanitaires a induit encore la chute de sa marge brute jusqu'à 36, 01 % au troisième scénario (Tableau 68). Une explication est que les cultures sucrières génèrent des revenus faibles et consomment des produits phytosanitaires de grandes toxicités.

Tableau 68. Indicateurs (Marge, IFT, IRSA et IRTE) de la stratégie de gestion du groupe des producteurs du système de production végétale céréales-oléagineux-cultures sucrières (CDA de Souck Larbâa).

CDA Souck Larbâa	Scénario initial (%)	Scénario 1 (%)	Scénario 2 (%)	Scénario 3 (%)
Marge brute	100	87,8	90,7	69,4
IFT	100	71,18	68,30	36,01
IRSA	100	72,3	159,7	43,2
IRTE	100	104,8	110,9	92,7

Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012

L'analyse de l'évolution des assolements montre une augmentation de la SAU de certaines orientations culturales et la baisse d'autres. Il ressort aussi une baisse de la SAU totale du bassin versant (Tableau 69). Les agriculteurs ont baissé les surfaces cultivées de certaines cultures ou orientations culturales afin de pouvoir respecter la règlementation. Cela peut causer une mutation spatiale où d'une inondation du marché par un produit agricole.

Tableau 69. Évolution des assolements au niveau du bassin versant sous contraintes règlementaires.

Orientation culturale (ha)	Années de simulation *					Évolution des emblavements		Évolution des emblavements	
	2012	2013	2014	2015	2016	2012-2015 (ha)	2012-2015 %	2012-2016(ha)	2012-2016 %
Cultures sucrières	2 600	5 800	6 430	6 340	7 355	3 740	144	4 755	183
Maraichage	1 515	5 475	5 850	6 255	9 730	4 740	313	8 215	542
Céréales	16 315	9 050	6 565	8 390	7 840	-7 925	-49	-8 475	-52
Légumineuses	2 333	4 375	7 440	8 280	5 000	5 948	255	2 667	114
Cultures fourragères	3 965	4 800	6 450	4 600	4 375	635	16	410	10
Oléagineux	8 415	5 350	4 350	3 100	4 400	-5 315	-63	-4 015	-48
Arboriculture	470	1 700	1 190	1 230	2 240	760	162	1 770	377
Bananier	200	200	200	200	300	0	0	100	50
Fruits rouges	140	0	0	80	350	-60	-43	210	150
SAU totale (ha)	35 953	36 750	38 475	38 475	41 590	2 523	7	5 637	16

Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012

Avec :

- 2012 : Situation initiale dujeu SimPhy Merja Zerga,
- 2013 : Scénario 1 du jeu SimPhy Merja Zerga,
- 2014 : Scénario 2 du jeu SimPhy Merja Zerga,
- 2015 : Scénario 3 du jeu SimPhy Merja Zerga,
- 2016 : Scénario 4 Simulation Plan Maroc Vert du jeu SimPhy Merja Zerga.

4. Test d'une politique agricole : cas du Plan Maroc Vert au niveau du Gharb

Dans une démarche participative de recherche développement, le jeu SimPhy doit permettre de vérifier des hypothèses quant au devenir d'un territoire étudié. Les simulations prospectives incluent des scénarios liés à la mise en œuvre d'une future politique agricole régionale. Le déroulement de la simulation est défini en fonction des objectifs du Plan Maroc Vert au niveau de la région du Gharb. Le scénario de cette étape (scénario 4 du jeu) a pour objectif la mise en place du Plan Maroc Vert. Il vise une augmentation de 47% de la production du sucre par encouragement de la production des cultures sucrières, de la production du lait par augmentation de la production du maïs fourrage sans aucune restriction réglementaire de l'usage des phytosanitaires. Cette simulation a rendu compte des évolutions potentielles du territoire étudié de point de vue socio-économique (indicateurs économiques : marge de l'agriculteur) et environnemental (évolution des indicateurs de pressions, de toxicité humaine et environnementale), ainsi des mutations spatiales (espace structuré, pratiques phytosanitaires et indirectement sur la perception de la santé et environnement par les agriculteurs.

4.1 Évolution des indicateurs économiques, de pression et des risques de toxicité humaine et environnementale

Le test de ce scénario 4 sans contrainte règlementaire a montré une amélioration des situations économiques des joueurs, une généralisation de pratiques phytosanitaires à moindre risques de toxicité humaine et environnementale et une mutation spatiale par évolution des emblavements sans forcément que l'objectif de la politique du Plan Maroc Vert soit atteint.

4.1.1 Amélioration de la situation économique des agriculteurs

L'application de la politique agricole du Plan Maroc Vert a montré une amélioration de la situation économique des six groupes de producteurs du territoire de la Merja Zerga[39] par augmentation des marges brutes totales pour atteindre une augmentation marge brute moyenne bassin versant de 128 %. Cette augmentation se caractérise par une variabilité intergroupe. Les marges brutes totales ont augmenté de 10 % pour le groupe de producteurs Céréales_Oléagéneuses_Fourrages_Cultures sucrières à 254 % pour le groupe de producteurs Maraichage_Fruits rouges par rapport à l'année de référence considérée comme une marge brute de 100 % (Figure 88). Ceci est le résultat de la variabilité des systèmes de production végétale, des pratiques culturales et des stratégies des agriculteurs.

[39] Joueurs représentants les agriculteurs lors du jeu SimPhy

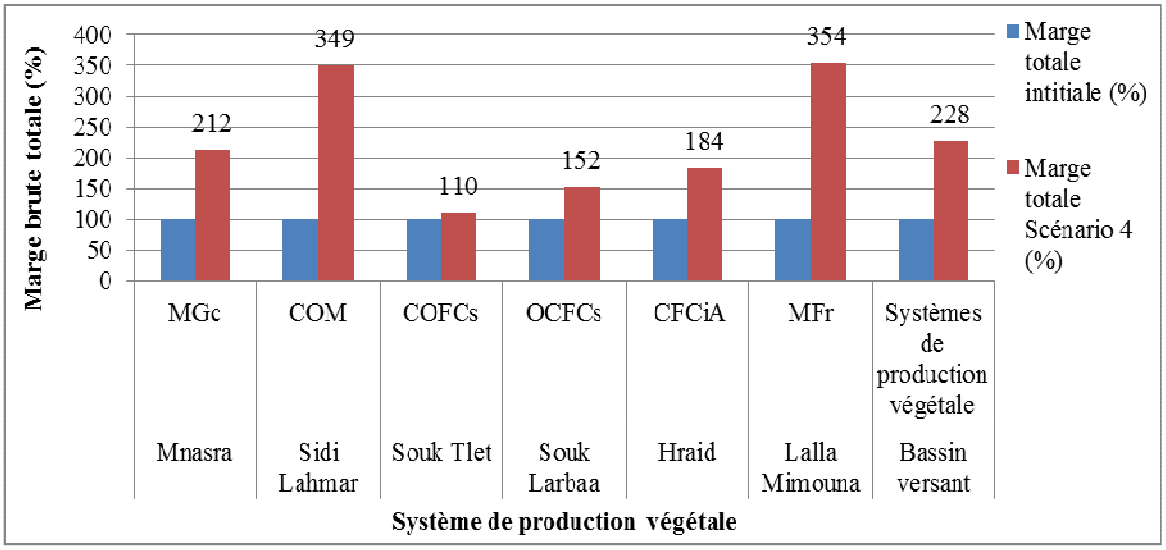


Figure 88. Variabilité intergroupe des marges brutes des différents groupes de producteurs suite à l'application du pilier I du Plan Maroc Vert (Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012)

Avec :

MGc : Maraichage_ Grandes cultures

COM : Céréales_Oléagineux_ Maraichage

COFCs : Céréales_Oléagineux-Fourrage_Cultures sucrières

OCFCs : Oléagineux-Céréales_Fourrage-Cultures sucrières

CFCiA : Céréales_Fourrages_Cultures industrielles_Arboricultures

MFr : Maraichage_Fruits rouges

Cette variabilité de la marge brute totale est constatée aussi au niveau intragroupe. La différence de marge brute n'est que de 57 % entre le groupe G1 et le groupe G2 du système de production végétale Céréales_Oléagineux_Maraichage localisé au niveau du CDA de Sidi Mohamed Lahmar (Figure 89), elle est 315 % entre le groupe G1et le groupe G2 du système de production végétale Maraichage_Grandes cultures situé au niveau du CDA de Mnasra. Cette variabilité peut être attribuée à la stratégie de production et la perception de l'espace par l'agriculteur.

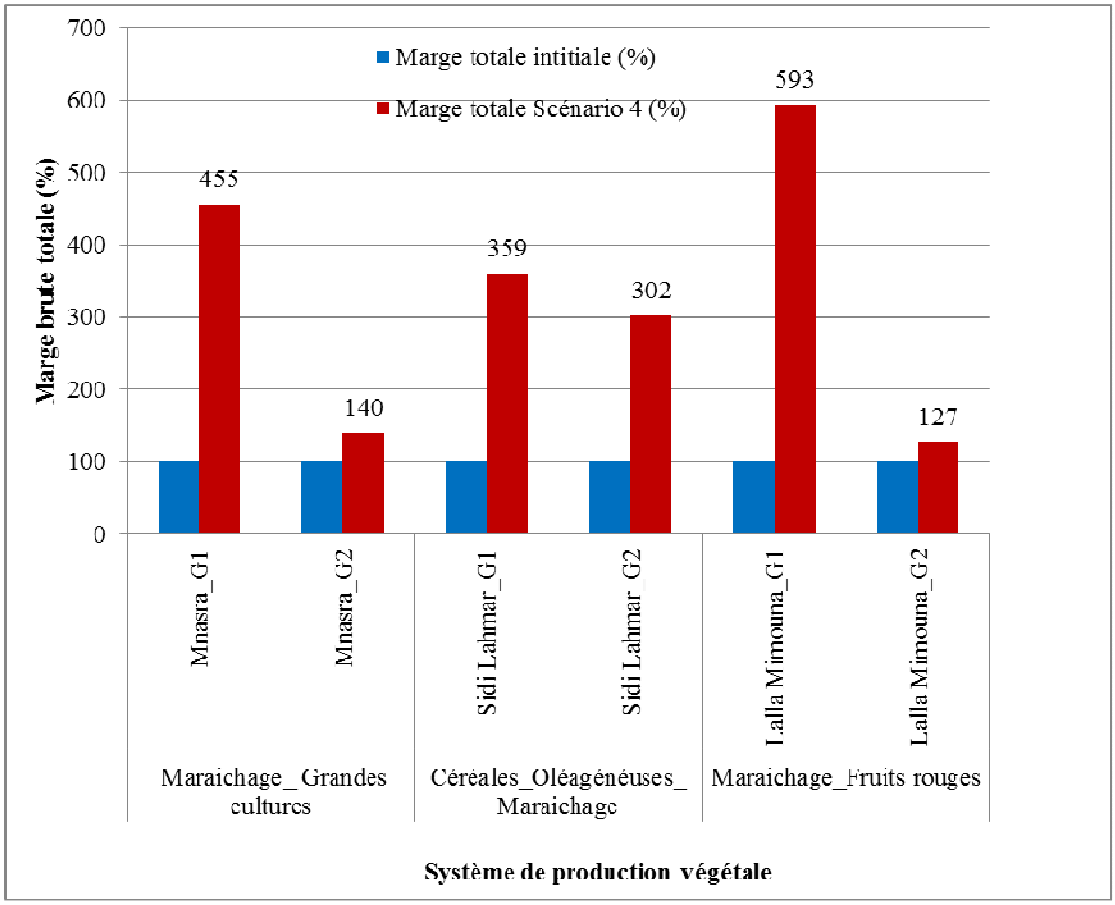


Figure 89. Variabilité intragroupe des marges brutes des producteurs d'un même système de production végétale suite à l'application du pilier I du Plan Maroc Vert (Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012)

4.1.2 Diminution des IRSA et des IRTE et génération des bonnes pratiques phytosanitaires

Cette amélioration de la situation économique globale du bassin versant s'est accompagnée par une diminution globale de la pollution phytosanitaire diffuse. Le test de ce scénario sans contraintes règlementaires a montré une diminution de la toxicité sur la santé de l'applicateur (IRSA) de 13 % et de la toxicité environnementale (IRTE) de moins de 60 % au niveau du bassin versant malgré une augmentation de la pression phytosanitaire, soit une augmentation des IFT de 11 % par rapport à 2011/2012. Cette baisse de toxicité peut être attribuée à la généralisation des bonnes pratiques agricoles et phytosanitaires des agriculteurs (joueursde SimPhy) suite à un apprentissage lors des séances de simulation de la faisabilité d'une mise en place d'une règlementation de réduction de l'usage des pesticides et de leurs toxicités. Les expériences des différents groupes de joueurs représentant les six systèmes de productions végétales lors des trois premiers scénarios ont permis aux joueurs d'appréhender le scénario 4. En revanche la contribution de chaque système de production végétale à l'IFT total, IRSA total et IRTE total du bassin versant dépend de l'appropriation de l'espace par les différents groupes de joueurs et du système de production végétale (Figure 90). Les agriculteurs du système de production végétale Céréales_Oéagéneuses_Maraichage contribuent le plus à la pression (IFT = 62 %), au risque de toxicité humaine (IRSA = 51 %) et environnementale

(IRTE = 49 %). Le système Maraichage_Fruits rouges n'engendre qu'une faible pollution phytosanitaire soit un IFT de 1 %, un IRSA de 3 % et un IRTE de 1 %.

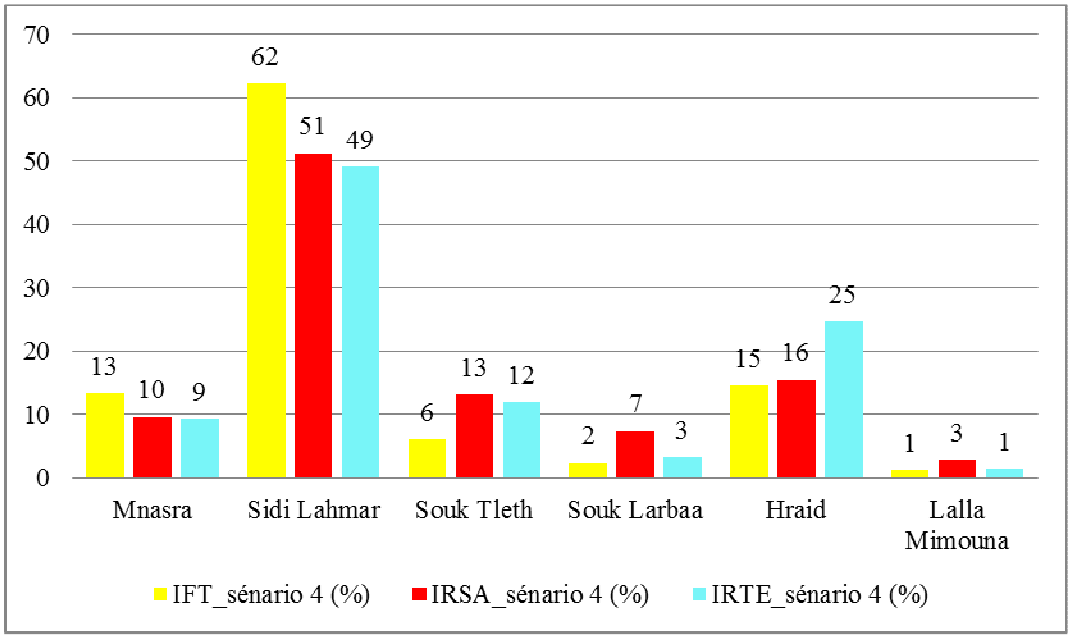


Figure 90. Contribution des différents systèmes de production végétale à la pression (IFT), la toxicité humaine (IRSA) et environnementale (IRTE) au niveau du bassin versant de la Merja Zerga (Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012)

4.2 Mutation spatiale par évolution des assolements agricoles

Le test du scénario 4 pour une mise en œuvre de la politique du plan Maroc induit une mutation spatiale par changement des assolements agricoles. Cette mutation spatiale se caractérise par une variabilité géographique pour tout le bassin versant, d'un système de production végétale à l'autre et même au niveau des groupes d'exploitations d'un même système de production végétales. Elle est conditionnée par le type du système de production végétale, les objectifs socio-économiques des différents groupes de joueurs. Les résultats de ce test montre une augmentation de la SAU totale mise en culture en 2016 (campagne agricole du test du scénario 4) par rapport à l'année de référence 2011/2012. Elle est passée de 47087,5 ha en 2011 à 50750 ha à 2016, soit une augmentation de 7,8 %. Cette augmentation de SAU totale mise en culture s'est accompagnée par la régression des emblavements de certaines orientations culturales dont les céréales de -69 % et les Oléagineux de -48 % par rapport à leurs emblavements de référence (2011/2012) d'une part et de l'augmentation des emblavements de certains autres cultures dont ceux qui ont fait l'objet de la simulation : les cultures sucrières et le fourrage avec respectivement 183 % et 10 % d'autre part (Figure 91).

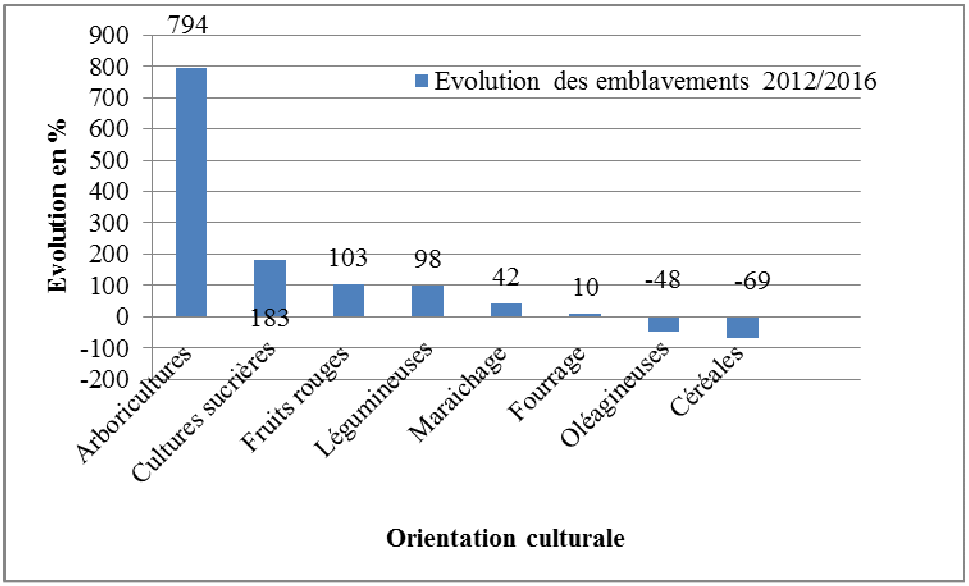


Figure 91. Évolution des orientations culturale du bassin versant en 2016 par rapport à 2012 (Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012)

L'ampleur de la mutation spatiale induite par les changements des assolements varie d'un système de production végétale à l'autre et entre les groupes d'exploitations d'un même système de production végétale et surtout pour les orientations culturales : cultures sucrières et fourrage objet de la simulation (Figure 92). Au niveau du système de production végétale de la zone de Souck Tlet l'emblavement en cultures sucrières est passé de 11 % en 2011/2012 à 36%, soit une augmentation de 25 %. En revanche au niveau de Souck Larbâa les surfaces des cultures sucrières ont baissé de 8 % et ont disparu au niveau de Lalla Mimouna. Les emblavements en fourrages ont augmenté au niveau de Mnasra de 19 % par rapport à 2011/2012. Mais, ils ont baissé au niveau de Souck Larbâa et de Souck Tlet.

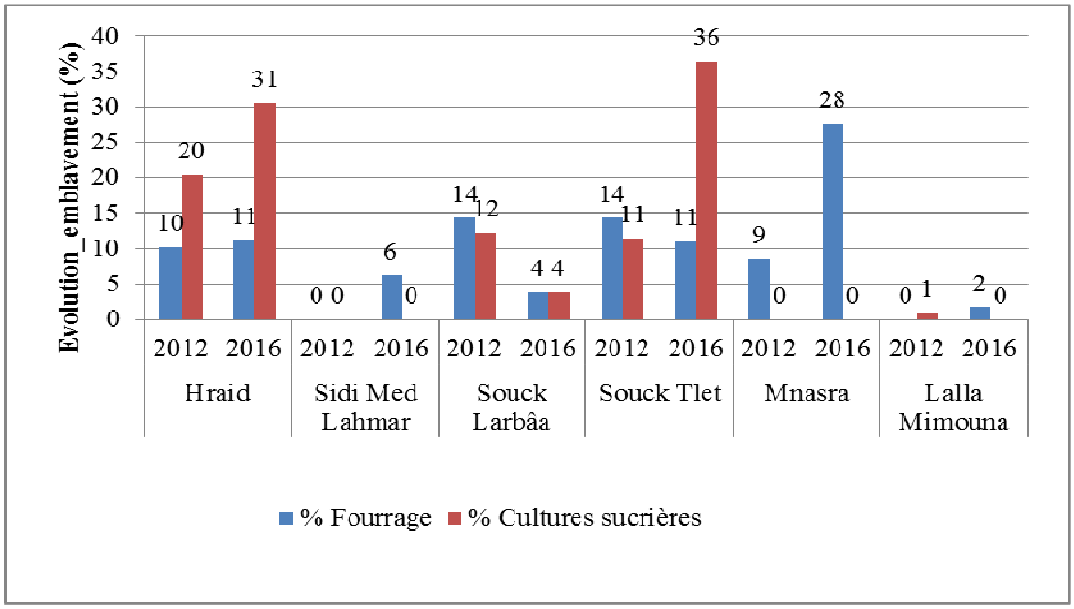


Figure 92. Variabilité spatiale des emblavements des cultures sucrières et des fourrages (Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012)

L'analyse des résultats du quatrième scénario a révélé aussi une variation dans l'évolution des superficies de l'orientation sucrières entre la canne à sucre et la betterave à sucre avec une augmentation plus importante des emblavements de la canne à sucre par rapport à celles de la betterave à sucre. Une préférence est remarquée pour la canne à sucre (Tableau 70). Au niveau de Souck Tlet, les plantations de canne à sucre sont passées de 400 ha en 2011/2012 à 2100 ha en 2016 alors que les superficies en betterave à sucre ont stagné à 400 ha (Tableau 70). De même au niveau de Hraid, les superficies de canne à sucre sont passées de 0 ha pour l'année de référence à 1800 ha en 2016. En revanche, ceux de la betterave à sucre ont baissé de -68%. Ceci peut être dû à la non maitrise des techniques de culture de la betterave à sucre et à son coût plus élevé que celui de la canne à sucre et en plus de l'attractivité d'autres cultures maraichère plus rentables et à cycle végétale plus court.

Tableau 70. Évolution des plantations de la canne à sucre au niveau de la zone de Souck Tlet et Hraid

	Souck Tlet		**Hraid**	
Année de simulation	Canne à sucre (ha)	Betterave à sucre (ha)	Canne à sucre (ha)	Betterave à sucre (ha)
2012	400	400	0	2100
2016	2100	400	1800	675
Evolution des emblavements (%)	425	0	100	-68

Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012

Il nous semble que sans incitation par subvenions ou des taxations, la politique du Plan Maroc Vert n'atteindra pas ses objectifs au niveau de certains CDA. Il semble aussi nécessaire de mettre en place de travaux de vulgarisation et de formation agricole au profil des agriculteurs de la région pour rattraper ce manque de connaissance sur les techniques de conduite des cultures sucrières ainsi que d'autres cultures telle que l'arachide.

5. Modèle conceptuel de jeu de simulation à améliorer

Les jeux de simulations basés sur de la modélisation participative sont de plus en plus utilisés pour la gestion des problématiques à l'interface entre l'homme et la nature avec la participation des acteurs concernés. Dans le domaine de l'agriculture, le plus souvent, sont analysées des dynamiques de gestion des quantités d'eau d'irrigation et des problématiques technico-économiques. Mais pas les phénomènes d'une telle complexité, comme la pollution phytosanitaire diffuse objet d'analyse de notre travail. Dans cette étude de la pollution phytosanitaire diffuse, sont analysés les dynamiques des systèmes de productions agricoles, des assolements, des pratiques phytosanitaires et d'une manière indirecte les dynamiques des indicateurs économiques (marge brute à l'hectare), de pression (IFT), de risque de toxicité sur la santé de l'applicateur (IRSA) et environnementale (IRTE).

Dans la mesure où l'on simule la dynamique des agrosystèmes, des comportements humains et des indicateurs économiques, de pression et de risque de toxicité et d'écotoxicité, le modèle conceptuel de gestion concertée simplifie la réalité et synthétise les processus et mécanismes et ne retient que ceux qui nous semble susceptibles d'induire des changements considérables.

La simplification de la réalité des choses est basée sur des hypothèses validées et approuvées par les acteurs concernés.

Le jeu SimPhy n'est pour l'instant qu'un outil pédagogique. Il permet un apprentissage dynamique et interactif de la gestion des systèmes de productions agricoles ainsi que d'évaluer les difficultés de mise en œuvre des mesures réglementaires visant une réduction de l'usage des produits phytosanitaires. Basée sur des données réelles de systèmes techniques, la simulation a permis de mettre en évidence la variabilité du potentiel d'adaptation de différents systèmes de production dans leur conduite technique, et à un degré moindre, dans un même système de production une variabilité des stratégies possibles.

Plusieurs simulations et analyses auraient dues avoir lieu et apporter plus de renseignements et d'indication sur le devenir d'un agrosystème. En Effet seul le volet gestion individuelle de la pollution phytosanitaire a été testé. Or d'autres volets et d'autres évolutions peuvent être intégrés :

- Une interaction entre différents systèmes de productions végétales pour la mise en œuvre d'une stratégie de gestion collective à l'échelle du bassin versant.
- L'intégration de la possibilité de conflits d'usage de l'espace entre agriculteurs et gestionnaire de la biodiversité au niveau de la réserve biologique de la Merja Zerga.

Des améliorations du modèle peuvent être apportées :

- élargir le panel des parties prenantes du jeu en ajoutant les forestiers, les écologistes, les gestionnaires de l'eau potable et les organisations professionnelles des agriculteurs (association des irrigants, coopératives agricoles…) compte tenu de la multi-inscription du territoire de la Merja Zerga.
- Au niveau du module SIG : procéder aussi à une spatialisation exhaustive des territoires des exploitations (tracé des limites des exploitations agricoles au moins par classe de taille). Le manque des données de précisions sur le parcellaire ne permet pas de lire les dynamiques spatiales des assolements et des indicateurs de pression et de risque de toxicité et d'écotoxicité, ainsi que des dynamiques de l'environnement et des unités spatiales. Pour pallier ces lacunes un travail de télédétection et de photo-interprétation pour une observation de l'évolution d'une distribution spatiale et non d'une évolution de la pression globale est indispensable. Ce travail permettra aussi de procéder à une classification des parcelles suivant leur vulnérabilité intrinsèque au transfert des composés phytosanitaires entre parcelles dans un contexte où les transferts des phytosanitaires sont inconnus. Ce travail pourrait permettre aussi de faire des superpositions de la distribution de l'IRTE avec les parcelles ou ilots de parcelles de vulnérabilité de transferts diffuse vers la lagune ou les nappes souterraines.
- Les indicateurs : l'IRTE nécessite une prise en compte plus fine des conditions du milieu physique (bioclimat, types de sols, topographie), d'augmenter la performance des données concernant l'écotoxicité des matières actives et leurs métabolites sur certains organismes cibles au niveau aigu et chronique.
- Couplage de bases de données sur l'usage des phytosanitaires (ravageurs, doses appliquées, produits utilisés…) avec la plate-forme technico-économiques 'Olympe'
- Affiner davantage la typologie des systèmes de productions végétales en se basant plutôt sur des sous bassins morphologiques et non sur des zones d'actions des centres

de développements et en prenant en compte les agriculteurs de la réserve biologique de la Merja Zerga.

Bien que nécessitant une amélioration pour une future utilisation, la démarche et son modèle conceptuel sont d'une grande originalité.

Le modèle permet une possibilité de prise en compte de la problématique de la pollution phytosanitaire diffuse d'origine agricole dans sa globalité. Il s'agit d'un modèle conceptuel qui permet une évaluation de la problématique agro-environnementale et non pas des impacts d'un phénomène sur l'environnement. La généricité de la méthode permet sa transposition à d'autres contextes (par exemple le travail en cours au niveau du bassin versant de l'étang de l'Or au sud-est de la France).

Par la prise en compte des trois composantes du territoire (espace structuré, géré et perçu) et l'emboitement de plusieurs échelles spatiales (de la parcelle culturale au bassin versant) pour l'évaluation d'une politique agricole, c'est la question du devenir d'un territoire à vocation agricole, la santé environnementale et la durabilité de l'agriculture, qui se posent.

Au final, la modélisation participative et le jeu de simulation sont riches en terme de méthodologie. La simplification des systèmes de cultures dans un contexte méditerranéen, la formalisation des relations entre unités spatiales, nous ont beaucoup aidés à comprendre le fonctionnement des systèmes de porductions agricoles. Le modèle n'est pas un moyen pour prédire l'évolution de la pollution diffuse, mais il nous a permis de comprendre le rôle de certains éléments : milieu physique récepteur, stratégies des agriculteurs, orientations culturales et itinéraires techniques. Il permet d'évaluer d'éventuelles politiques de gestion concertée de la pollution phytosanitaire diffuse a priori et/ou a postériori, ainsi de mettre en question des politiques actuelles et leurs outils dont l'IFT, indicateur officiel du gouvernement français, qui ne permet pas d'évaluer les risques liés aux phytosanitaires sur la santé humaine et l'environnement, ni le choix de produits phytosanitaires à moindre effets potentiels.

La co-construction du modèle avec les acteurs du territoire de la Merja Zerga, objet de l'application et de validation, est un pas en l'avant dans le processus de la recherche-développement. Il permet la mise en place d'un travail d'interdisciplinarité pour faire émerger des règles de gestion collective.

6. Quelle stratégie pour réduire la pollution phytosanitaire ?

Le travail de modélisation et d'évaluation d'une stratégie de réduction de la pression (IFT) et des risques de toxicité des phytosanitaires sur la santé humaine (IRSA) et environnementale (IRTE) et de la stratégie du Plan Maroc Vert, nous ont permis des suggestions de mesures appropriées à mettre en place pour l'amélioration de la gestion des pesticides et la réduction des risques liés à l'utilisation irrationnelle de ces produits.

Ces propositions auront pour buts de :

- diminuer les risques que présentent les phytosanitaires pour la santé de l'applicateur, la biodiversité et l'environnement par le choix des produits phytosanitaires à moindres risques par application des indicateurs de risques de toxicité humaine (IRSA) et environnementale (IRTE);
- établir des alternatives pour une agriculture durable : à la fois productive pour une viabilité économique, moins polluante pour une durabilité écologique et une plus grande équité spatiale et sociale (incitation, labellisation, taxation…) ;

- sensibiliser et informer les agriculteurs et les différents acteurs concernés par la problématique de la pollution phytosanitaire diffuse d'origine agricole ;
- élaborer une stratégie de gestion concertée au niveau régional pour une gestion rationnelle des produits phytosanitaires ;
- mettre en place des mesures à entreprendre par chacun des acteurs concernés par la pollution phytosanitaire diffuse.

6.1 Mesures à mettre en œuvre pour une meilleure gestion concertée des pesticides

Sur la base de ce travail de recherche scientifique, les mesures nécessaires à mettre en œuvre pour une amélioration des conditions des agriculteurs et des ressources naturelles du territoire de la Merja Zerga s'articulent autour des points suivants :

- La réduction des risques pour la santé humaine et l'environnement par usage d'indicateurs pour le choix des produits phytosanitaires et une réorganisation spatiale des cultures,
- Le renforcement des contrôles portant sur l'utilisation et la distribution des pesticides ;
- La formation, la sensibilisation et l'information des différents acteurs concernés par la problématique des pesticides.

Ces mesures de gestion concertée de la pollution phytosanitaire diffuse doivent être entreprises par chacun des acteurs concernés par cette activité : agriculteurs, commerçants de phytosanitaires, Agence de bassin, les Eaux et Forêts, Collectivités locales, etc**.**

6.1.1 Pour les agriculteurs

L'agriculteur est le premier acteur touché par la problématique de la pollution phytosanitaire diffuse au niveau sanitaire et économique. Pour minimiser les effets engendrés par ce fléau, il est indispensable qu'il exerce un autocontrôle continu pour se confronter à la législation, à la réglementation aux normes nationales et internationales en vigueur en matière d'utilisation des phytosanitaires via un plan de suivi vulgarisé par des conseillers agricoles du fait qu'un grand nombre d'agriculteurs du territoire sont analphabètes. Ce plan de suivi visera le choix de produits à moindre risques sur la santé humaine et l'environnement, la gestion des quantités résiduelles, le respect de la dose homologuée, la gestion des déchets, la gestion d'un local de stockage des produits phytosanitaires, la tenue d'un registre phytosanitaire.

Les deux indicateurs développés et testés dans le cadre de ce projet ont prouvés leur efficacité pour une gestion durable des produits phytosanitaires. Sur cette base, nous suggérons leur utilisation pour le choix des produits à moindres risques sur la santé de l'applicateur et l'environnement. Ils peuvent aussi être utilisés pour une spatialisation des cultures par rapport à une ressource naturelle ou une agglomération.

Un grand nombre d'agriculteurs enquêtés versent le reste des mélanges dans les drains limitrophes aux parcelles. La sensibilisation aux effets de cette pratique sur la santé de la population et de l'environnement est nécessaire, ainsi que l'installation d'un phytobac.

Le non-respect de la dose homologuée et de la destination du produit (usage sur une culture non cible) nécessite une vulgarisation des renseignements présents sur les étiquettes des emballages phytosanitaires. Cette action a un objectif de performance : les conseils

d'utilisation permettront un emploi justifié et pertinent du produit dans le but d'obtenir la protection la plus efficiente. Du fait que les étiquettes permettent de :

- déterminer la destination du produit (compétiteurs, parasites et ravageurs de la culture en question), la disponibilité de vêtements de protection adéquats, la dose homologuée et la façon adéquate pour préparer le traitement ;
- connaitre les mesures de sécurité à savoir le moment et la méthode d'application, le moment propice pour rentrer dans la zone traitée, le moment propice pour récolter la culture traitée et les restrictions qui interdiraient son utilisation sous les conditions actuelles et d'identifier les limites d'un traitement (distances au cours d'eau le plus proche, habitation, parcelle voisine) et mettre l'accent sur les zones à ne pas traiter du tout.
- s'assurer que le stockage des produits ne présente pas de dangers,
- renseigner sur la façon de se débarrasser des emballages vides.

Il s'agit des Bonnes Pratiques Agricoles (BPA) pour l'utilisation des phytosanitaires qui permettent en effet de minimiser les risques pour : l'utilisateur lui-même et ses proches (employés, famille) et son environnement.

En cas de contaminations accidentelles des eaux de la nappe (par un puits) ou de surface (un drain, un oued ou la lagune), il est indispensable que l'agriculteur face des déclarations rapides auprès des services concernés. Cela peut se produire lors du remplissage du pulvérisateur. Ce type d'accident survient lors du remplissage du pulvérisateur afin de préserver les eaux de surface et les nappes souterraines de toute introduction de polluants qui peuvent résulter d'un ruissellement traversant la surface de Travail ou de l'infiltration de liquides souillés accidentellement déversés, surtout sur des sols sablonneux comme c'est le cas des sols de la zone côtière du bassin versant de la Merja Zerga.

Lors de nos enquêtes nous avons constaté que la majorité des applicateurs du traitement phytosanitaire des cultures agricoles ne se protègent pas d'où la nécessité des séances de vulgarisation et même l'instauration de taxation pour ceux qui ne se protègent pas.

Pour un stockage adéquat des produits phytosanitaires, la mise en place d'une aide gouvernementale pour la construction de local de stockage conforme aux normes nationales est nécessaire. Un grand nombre d'agriculteurs stockent les produits chez eux. Cela est un grand risque pour leur santé et celle de leur entourage.

Pour une gestion durable des phytosanitaires, la disposition de registre phytosanitaire est indispensable même si l'agriculteur n'est pas labellisé. Dans ce registre, il est nécessaire de consigner tous les traitements par parcelle culturale. Pour chacune d'entre elles, il stipule des informations sur la culture pratiquée (variété), le nom commercial complet du produit phytosanitaire, la dose appliquée, la date et la fréquence du traitement. Dans les directives de l'Union Européenne ce registre fait partie du domaine de la santé publique. Il renvoie aux codes de santé des animaux et des végétaux. En France, Il est contrôlé par la D.R.A.F.-S.R.P.V. (Service Régional de la Protection des Végétaux). Son absence ou le fait qu'il apparaisse très incomplet entraîne des pénalités. Depuis 2006, la tenue d'un registre phytosanitaire est obligatoire au Maroc dans le cadre de la conditionnalité. Le registre phytosanitaire est une preuve pour justifier les pratiques aux niveaux des parcelles culturales. Il permet d'organiser la gestion des traitements et la traçabilité du produit agricole. En cas de

pollution des eaux sur un bassin versant ou d'une réclamation suite à une contamination du produit agricole, le registre permet à l'agriculteur de se défendre.

6.1.2 Commerçants de phytosanitaires

Il est indispensable que les commerçants des produits phytosanitaires détiennent des registres où sont stipulées les quantités vendues par douar, CDA, saison et produit. Ils sont aussi tenus d'assurer une gestion des déchets (déchets, produits périmés et emballages retournés par l'agriculteur). Cela permet d'éviter l'accumulation des pesticides périmés. Du fait qu'au Maroc aucune loi sur la gestion des pesticides périmés n'est encore promulguée.

6.1.3 Agence du Bassin Hydraulique du Sebou (ABHS)

Lors de nos travaux de terrain nous avons constaté un manque de données à jour sur l'état des ressources en eau potable au niveau du territoire étudié. Pour pallier à ce manque d'information, l'*Agence du Bassin Hydraulique du Sebou (ABHS)* est tenue à prendre en charge le contrôle de la qualité des eaux souterraines et de surfaces à proximité des parcelles culturales traitées et de faire des analyses multi-Résidus afin de pouvoir faire face à des pollutions si c'est nécessaire.

6.1.4 Haut-Commissariat des Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD)

Le Haut-Commissariat des Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD) est tenu de mettre en œuvre un protocole de surveillance de l'évolution de l'habitat aquatique et du degré de sa contamination par les produits phytosanitaires, ainsi que la mise en place de deux seuils : le premier pour les recommandations et le deuxième pour l'alerte.

6.1.5 Ministère de la Santé

Nos analyses ont montré que les IRSA de certaines cultures et zones du bassin versant sont élevés. Ainsi nous recommandons au ministère de la santé de: (i) faire un suivi et une évaluation des impacts liées à l'usage des phytosanitaires sur la santé, (ii) définir les différentes nuisances sanitaires liées à cet usage au niveau de la région du Gharb Chrarda Bni Hssin, (iii) montrer la corrélation entre les maladies détectées au niveau du territoire et les usages des pesticides et (iv) diffuser les informations nécessaires pour orienter l'action vers la protection de la santé des agriculteurs et des populations.

6.1.6 Collectivités locales

Lors de nos enquêtes de terrain nous avons constaté la présence d'emballages vides de phytosanitaires jetés en pleine nature ou sur les bords des parcelles agricoles ou dans les drains. En vue de réduire la présence de ces déchets, il est suggéré de procéder à des collectes des déchets solides et liquides relatifs aux produits phytosanitaires au niveau régional ce qui nécessite l'intervention des collectivités locales. En plus de la destruction de ces emballages et des produits par des organismes spécialisés, prêt à les exporter vers des pays en avance et qui possèdent les infrastructures d'incinération adéquates.

Afin de limiter l'usage de produits périmés et leur vente par voies de contrebande, les collectivités locales doivent instaurer des mesures pour renforcer les procédures de contrôle.

Pour une gestion concertée répondant à la charte environnementale, le comité de suivi des mesures pour une réduction des risques liées aux phytosanitaires sur la santé humaine et l'environnement doit être composé de représentants des différents acteurs mentionnés ci-dessus.

6.2 Suggestion d'alternatives à une lutte systématique pour une agriculture durable

Les alternatives à la lutte systématique par des produits phytosanitaires sont la préoccupation universelle au niveau international et au niveau local dans de nombreux pays ainsi que de l'ensemble des acteurs du développement agricole pour des raisons de protection de l'environnement. Une question se pose : est–il possible aujourd'hui de se passer des pesticides tout en assurant les besoins en produits agricoles de sept milliards habitants sur Terre ? De nombreuses études affirment la perte d'une partie de la production pouvant aller jusqu'à 40% en cas de suppression de l'usage des pesticides.

Au niveau européen, l'usage des produits phytosanitaires a été précisé par une série de mesures européennes adoptées en octobre 2009 : (i) un règlement conditionne la mise sur le marché et l'évaluation des produits phytopharmaceutiques et (ii) un projet de directive, impose « l'utilisation durable » des pesticides.

Au Maroc il apparait que la problématique d'une politique visant la réduction des utilisations des produits phytosanitaires est loin d'être une priorité de l'État aujourd'hui. Sa préoccupation majeure demeure la modernisation du secteur agricole par le biais du Plan Maroc Vert. Les ajustements relatifs aux dommages d'une agriculture développée sur l'environnement seront très probablement apportés par la mise en œuvre de la charte environnementale.

En analysant les comportements des agriculteurs face aux organismes nuisibles aux cultures, nous avons pu distinguer deux stratégies de lutte : la lutte systématique (lutte chimique) et la lutte intégrée. D'après Panneton (2000a) en plus de ces deux méthodes, il existe d'autres stratégies de luttes dont la lutte biologique : l'utilisation des biopesticides et des techniques culturales. Cette analyse des comportements des agriculteurs a révélé que la **lutte chimique** constitue de loin, le type de méthode le plus utilisé en agriculture au niveau du territoire de la Merja Zerga. Ceci est dû à des raisons essentiellement économiques et techniques. La question relative aux alternatives aux pesticides de synthèse reviendrait à trouver les solutions alternatives à la lutte chimique pour la protection des cultures. Consentir des efforts de recherche et de développement des alternatives pour une agriculture durable peut s'appuyer sur l'approche de l'Agriculture Écologiquement Intensive (AEI). Ce concept proposé par de nombreux auteurs (Griffon 2006, 2007, 2010). Au niveau politique, cette orientation a été notamment mise en avant lors du "Grenelle de l'Environnement" (ensemble de tables rondes organisées en 2007 pour définir des mesures politiques sur les aspects environnementaux). Cette approche consiste à une meilleure utilisation des fonctions des fonctions des écosystèmes, des processus écologiques, mais aussi de l'information et du savoir (Bonny 2010). Selon cette approche l'intensification reste nécessaire car les surfaces agricoles par habitant deviennent de plus en plus limitées sur la planète ainsi leur production doit être assez élevée. D'après Vallin (2010), « *il faut comprendre par intensif, l'utilisation au maximum de ce que peut donner l'écosystème pour arriver à un meilleur rendement par hectare* »**.** Cette notion d'intensification écologique fait référence à deux aspects : (i) le niveau de production

par ha est assez élevé, (ii) la production s'efforce d'être en harmonie et en symbiose avec l'environnement, en valorisant les ressources naturelles sans les dégrader et en utilisant les services écosystémiques. Le (Millennium Ecosystem Assessment 2005) a fourni une classification de ceux-ci qui distingue quatre grandes catégories: les services d'approvisionnement, de régulation, culturels et de support. Pour rendre cette typologie plus opérationnelle, (Lavorel et Sarthou 2008) ont classé les services écologiques en trois grands groupes (Figure 93) :

1) les services intrants contribuant à la fourniture de ressources et au maintien des supports physico-chimiques de la production agricole, et assurant la régulation des interactions biotiques ;

2) les services d'approvisionnement contribuant au revenu agricole (production végétale, en termes de niveau mais aussi de stabilité temporelle et de qualité des produits, production animale incluant là aussi la qualité des produits);

3) les externalités positives, qui incluent le contrôle de la qualité des eaux, la séquestration du carbone ou la valeur esthétique des paysages notamment.

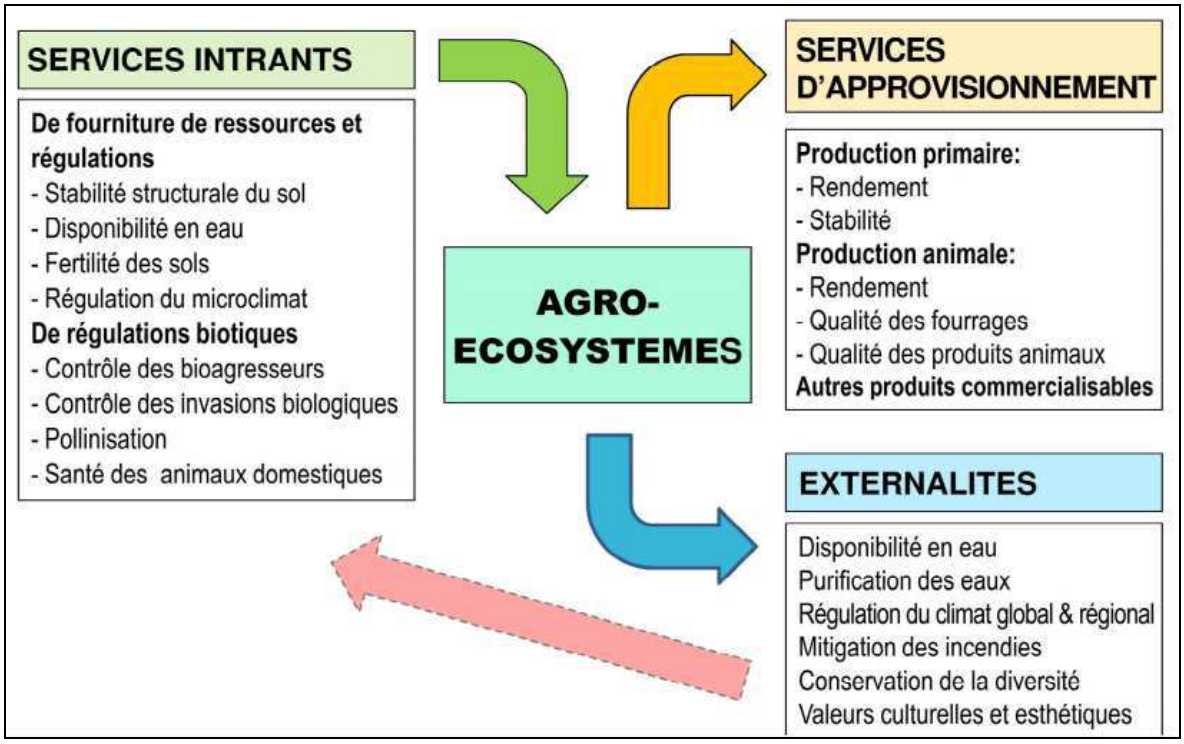


Figure 93. L'Agriculture Écologiquement Intensive (AEI) va mobiliser divers services écologiques des agroécosystèmes (d'après (Zhang *et al.* 2007; Lavorel et Sarthou 2008; Bonny 2010; Lavorel 2010)

L'agriculture doit ainsi s'appuyer sur des processus et fonctionnalités écologiques permettant de lutter contre les bio-agresseurs, de réduire les nuisances, de mieux valoriser les ressources rares, d'améliorer les services éco-systémiques. Pour revigorer ces services, l'une des voies est de restaurer la diversité à tous les niveaux, de la parcelle au paysage (Kremen 2009).

Pour une application de l'approche de l'agriculture écologiquement intensive des efforts peuvent être déployés selon les axes suivants :

La lutte intégrée (directive communautaire 91/414/CEE du 15 juillet 1991). Cette méthode de lutte n'exclut pas l'éventualité de l'utilisation des pesticides conventionnels. Il faut juste les utiliser d'une manière raisonnée et rationnelle. Cette stratégie implique une bonne connaissance des problèmes phytosanitaires de la culture et une surveillance très rapprochée, structurée et régulière. En effet il faut détecter les premiers foyers des attaques par les maladies et les ravageurs et intervenir au moment opportun en conséquence. Cela ne permettra d'intervenir que dans un espace limité où l'anomalie a été relevée afin d'empêcher la dissémination du parasite.

Les techniques culturales jouent un rôle important pour asseoir les conditions de croissance et de développement favorables des cultures, engendrant ainsi leurs qualifications à mieux résister aux agents nuisibles. Selon Ouardi (2006), les principales méthodes sur lesquelles il faut le plus agir sont (i) le travail du sol, (ii) le choix des variétés tolérantes ou résistantes minimisant l'incidence des parasites, (iii) une fertilisation raisonnée et adéquate, (iv) une irrigation équilibrée, (v) l'élimination des plantes hôtes qui constituent des sources d'infection, (vi) l'utilisation des plantes pièges et des plantes de bordures qui interceptent les ravageurs et (vii) la lutte mécanique: destruction manuelle des mauvaises herbes (surtout avant leur maturité pour éviter la production de graines et l'élimination des parties infestées des plantes.

La lutte biologique : selon Christophe *et al.* (2006), *l'agriculture biologique est une agriculture basée sur la gestion rationnelle de la fraction du sol, dans le respect des cycles biologiques et de l'environnement, tenant compte des connaissances en écologie pour une production de qualité, équilibrée, plus autonome, plus économe et non polluante.*

Selon les principes de ce mode de production agricole, il est interdit d'avoir recours aux engrais chimiques ou solubles, OGM. Ce mode de production se distingue par le refus du productivisme dangereux pour le maintien des ressources naturelles. Il utilise des pratiques spécifiques de production (emplois d'engrais verts, lutte naturelle contre les parasites...), ainsi qu'une liste positive et limitée de produits de fertilisation, de traitement, de stockage et de conservation.

Elle est fondée sur des notions précises :

- Le système : il s'agit de fonctionner avec tout l'écosystème air-eau-sol-plantes-animaux sans le forcer, et non de nourrir directement la plante.
- Respect des éléments naturels : les animaux sont nourris avec des éléments naturels tels que de l'herbe, et non avec des concentrés contenant des sous-produits animaux.

Ce mode de production est sensé aujourd'hui offrir les meilleures garanties en matière de protection contre les pesticides de synthèse. En France par exemple, ce mode de production s'est doté d'un cahier de charge strict dans lequel est prévu l'interdiction des pesticides de synthèse. Seules des substances d'origine minérale comme le soufre, le cuivre ou d'origine végétale (roténone, pyrhétre), des purins végétaux et des algues calcaires (lithothamme) riches en oligo-éléments tendant à renforcer la résistance naturelle des plantes sont autorisés. Ce cahier de charge stipule aussi des vérifications par des analyses de sols et de produits réalisées par des laboratoires indépendants, aux frais des exploitants.

Au Maroc les premières productions biologiques remontent à 1986 (Hannafi, 2001). Elles ont porté sur la culture de l'olivier à Marrakech et celle des agrumes dans la région de Ben Slimane. L'objectif principal de ces productions reste l'exportation qui offre un prix

intéressant par rapport au prix local puisque le label du produit biologique n'était pas, et ne l'est pas encore, une préférence du consommateur marocain.

Le cahier de charge peut garantir aussi au produit agricole une labellisation. Cette labellisation concerne aussi bien l'indication géographique (produit de terroir) que l'appellation d'origine (reconnaissance d'une marque) ou encore la production biologique. Trois signes distinctifs sont ainsi envisagés : Indication Géographique (IG), Appellation d'Origine (AO) et Label Agricole (LA). Ces signes distinctifs de reconnaissance peuvent être demandés par des organismes professionnels, des collectivités locales ou des établissements publics pour les IG et les AO, alors que tout individu ou entreprise peut solliciter une labellisation (LA).

Au niveau du territoire de la Merja Zerga et de la région du Gharb, en tenant compte des difficultés que connait la filière rizicole, la labellisation agricole sous ses différentes formes possibles (IG, AO, LA, AB) pourrait constituer une action pour la réduction de l'usage des phytosanitaires et augmenter les revenus des cultivateurs du riz et la valorisation des terres.

6.3 La surveillance environnementale et le développement de la recherche-action

La surveillance environnementale des contaminations par les phytosanitaires nécessite l'implantation d'observatoires régionaux en collaboration entre les différents parties concernées par la pollution phytosanitaire d'origine agricole. Le but de ces observatoires vise la collecte et la centralisation des données afférentes à la pollution par les phytosanitaires, leurs effets sur la santé humaine des applicateurs et de la population et sur la biodiversité et les ressources en eau. Du fait qu'au Maroc aucun lien de cause à effet n'a été établi entre les applications des phytosanitaires et leurs conséquences à long terme (impacts chroniques) sur la santé humaine. La zone de Lalla Mimouna requiert plus que jamais un suivi minutieux de la santé humaine et de la biodiversité en liaison avec l'utilisation des phytosanitaires. La collaboration et la coordination avec les services du Ministère de l'Agriculture (ORMVAG-DRA et ONSSA) doivent être très étroites. Il faudra aussi prévoir des actions en matière de gestion et d'aménagement du territoire : bassin de décantation ou aire de dépollution, plantations ripicoles liés aux points de mesures définis par les coordonnées géographiques (Figure 94,Tableau 71).

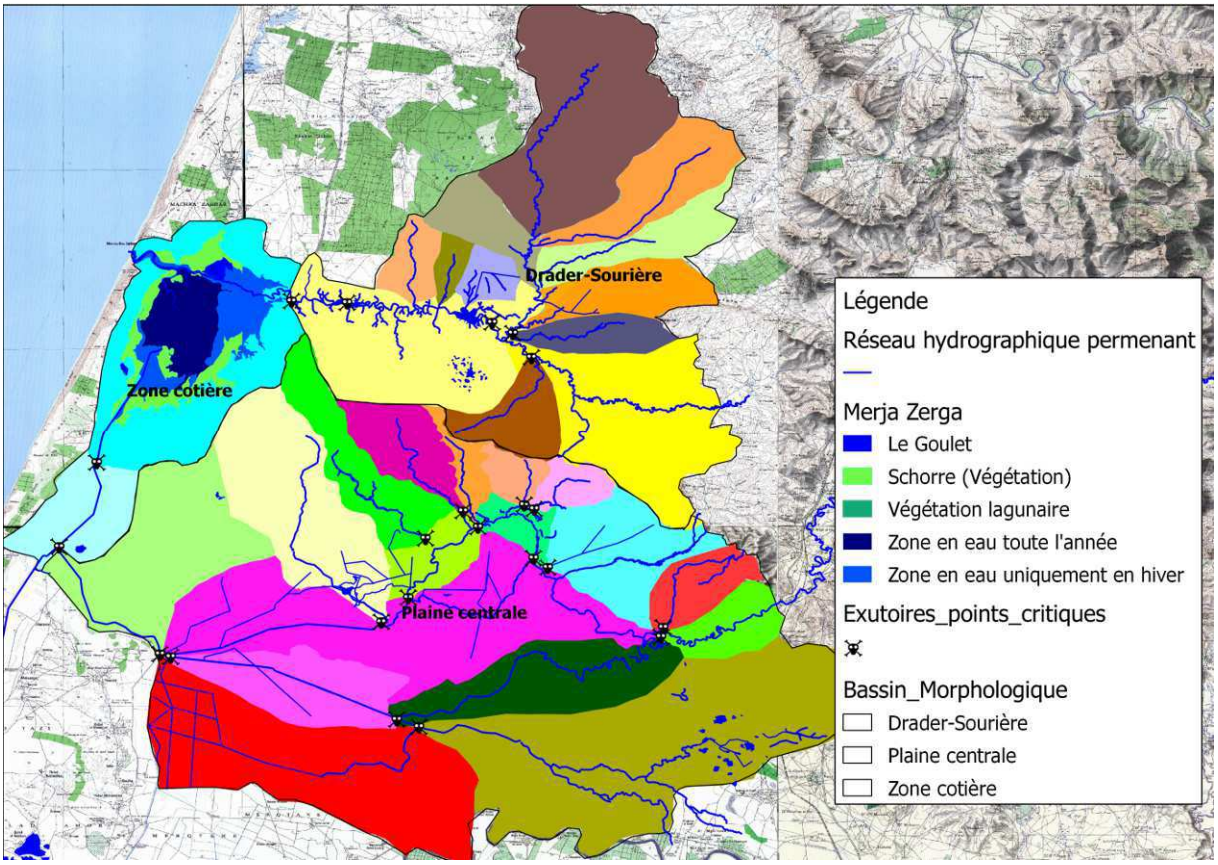


Figure 94. Points critiques où des mesures doivent être effectuées (Réalisation : Ayadi H., 2013)

Tableau 71. Coordonnées géographiques des exutoires critiques au niveau du territoire de la Merja Zerga

Nom_exutoire	X	Y
Nador1	-6,335504	34,740801
Segmat1	-6,288392	34,691035
Drader1	-6,227014	34,855595
Boutouil	-6,115206	34,829385
Desbas	-6,123832	34,840665
Drader 2	-6,133453	34,845642
Drader3	-6,201135	34,854932
Mekada	-6,185210	34,705965
Khlit	-6,177911	34,660512
Gharb	-6,167626	34,657194
Segmat2	-6,283415	34,689708
Nador 1	-6,317920	34,779951
Akehal	-6,172603	34,717245
El Karrab	-6,114210	34,735493
Azib remiki	-6,107575	34,731180
Krouta	-6,053827	34,703311
Abbou	-6,054823	34,698998
Bouailha	-6,118523	34,760376
Haddou	-6,140089	34,750091
Melleh	-6,164640	34,744782
Cherchara	-6,147056	34,757390
Bled Halloufa	-6,113879	34,758385

Source : couche des mico-bassins par réseau hydrographique, Ayadi H., 2013

Il est recommandé aussi de faire appel à des sociétés privées pour la dépollution des bacs de phytosanitaires.

Parallèlement à l'implantation d'observatoires de surveillance et de suivi, les organismes de recherche tel que l'INRA sont appelés à établir des programmes de Recherche-Développement au niveau territorial (Bassin versant et CDA). L'objectif de ces programmes consiste au développement et/ou le test d'outils de modélisation et d'aide à la décision comme par exemple les indicateurs (IFT, IRSA, IRTE, les jeux de simulations. De plus il faudrait approfondir, les études et les recherches sur le devenir de phytosanitaires et leurs métabolites dans l'environnement après leurs applications, du fait que ce type d'études n'est pas à jour ou absents au Maroc, et au niveau du territoire de notre étude. Toutes les études menées jusqu'ici restent globalement des approximations d'ordre général. Mêmes des simples mesures des

pesticides et leurs résidus dans les eaux souterraines et de surface restent limitées. Ce constat est expliqué par le large éventail des matières actives utilisées dans le domaine de l'agriculture au niveau de la région et du territoire de la Merja Zerga d'une part et par le coût élevé des analyses d'autre part.

L'importance de la recherche dans ce sens réside dans le fait qu'elle va mettre à la disposition des acteurs du développement des outils de décisions indispensables notamment en ce qui concerne l'évaluation a priori des impacts des phytosanitaires sur la santé et l'environnement.

Conclusion du chapitre X

L'objectif de ce chapitre porte sur la possibilité d'utiliser une approche basée sur la modélisation participative via les jeux de simulation en vue de tester une stratégie de réduction de la pollution phytosanitaire d'origine agricole et des conséquences de la politique agricole « le Plan Maroc Vert ». Le jeu de simulation intitulé « SimPhy » est basé sur un couplage d'un modèle technico-économique et d'indicateurs de pressions (IFT), de risques environnementaux (IRTE) et de la santé humaine (IRSA) et une base de données multicritères et multi-échelle (SIG).

Dans cette recherche nous avons associé deux volets complémentaires. D'une part, le travail d'analyse des pratiques phytosanitaires et la compréhension des impacts de produits phytosanitaires sur la santé humaine et sur l'environnement a été réalisé avec la participation des acteurs locaux. D'autre part, la démarche mise en place est voulue générique et transposable à d'autres territoires.

Les premiers résultats du jeu SimPhy permettent un apprentissage dynamique et interactif de la gestion des systèmes de productions agricoles par les acteurs eux-mêmes. Ils permettent aussi de mesurer les difficultés de mise en œuvre de mesures réglementaires visant à réduire l'utilisation des produits phytosanitaires sur un territoire donné. Les éléments qui constituent la base de notre jeu de simulation ont été validés lors des séances de simulation qui ont eu lieu avec les techniciens de CDA de la Merja Zerga. Ces derniers ont rapidement accepté la représentation du système, c'est-à-dire les représentations des systèmes de productions (nombre d'agriculteurs, types définis, cultures et marges proposées, données sur les produits). Basée sur des données réelles de systèmes techniques, les différentes simulations ont permis de mettre en évidence la variabilité du potentiel d'adaptation de différents systèmes de production dans leur conduite technique, et à un degré moindre, dans un même système de production, une variabilité des stratégies possibles.

Le couplage d'un modèle technico-économique a un indicateur de pression phytosanitaire et deux indicateurs de risques de toxicités ont aidé les agriculteurs à bien appréhender la pollution phytosanitaire tout en gardant un système de production agricole viable économiquement (marge brute), socialement (IRSA) et durable d'un point de vue environnemental (IRTE). La combinaison de l'IFT à l'IRSA et à l'IRTE a permis aux agriculteurs de faire prendre conscience aux acteurs que réduire la dose appliquée ne signifie pas réduire les risques de toxicité sur la santé humaine et l'environnement.

À l'aide de cette approche, nous avons pu faire une analyse dans le temps et dans l'espace des problèmes liés à l'usage des produits phytosanitaires. Nous avons aussi souligné que les différentes stratégies de gestion au niveau des exploitations agricoles des agriculteurs mettaient en exergue l'iniquité spatiale au niveau du bassin versant.

Tel que nous l'avons élaboré, le jeu SimPhy a été testé dans le cadre d'une gestion individuelle limitée au territoire de l'exploitation. Ceci ne permet donc pas une identification des conflits d'usage de l'espace ni de réduire l'iniquité spatiale de la pollution diffuse, d'où la nécessité à l'avenir de développer une phase de jeu avec gestion collective et négociation. Imache *et al.* (2009) soulignent qu'une meilleure gouvernance (notamment de l'eau) nécessite d'associer les agriculteurs aux processus de coordination et/ou de négociation de manière à accroître leurs capacités d'adaptation face aux changements socio-économiques et environnementaux à l'échelle du système global à gérer.

Dans le même esprit, ce jeu avait été conçu avec l'aide des techniciens de différents CDA pour réfléchir aux modalités d'une gestion concertée des produits phytosanitaires et limiter leurs impacts sur l'environnement et la santé humaine. Cette expérience démontre que l'implication des acteurs locaux – qui peuvent changer sur le territoire - est indispensable à ce processus.

Aussi, une démarche fondée sur un jeu avec les acteurs nécessite un travail important et long, et la coopération de tous les acteurs. La motivation de certains d'entre-eux, agriculteurs et/ou techniciens, tout au long du processus est un gage de succès (Imache *et al.* 2009). Utiliser le jeu *SimPhy* pour préparer la mise en place d'une nouvelle gouvernance environnementale suppose la mobilisation de tous les acteurs non seulement pendant la construction du jeu, mais surtout lors de son utilisation. Cette approche nécessite aussi d'une présence importante des concepteurs sur le terrain afin de maintenir le lien avec tous les acteurs et entretenir leur motivation.

Enfin, les approches participatives sont attractives pour la discussion entre acteurs (Castella *et al.* 2005) mais sont étroitement liées au contexte et à la diversité des acteurs impliqués, et sont extrêmement aléatoires (Kooiman 2002). Même quand on constate un succès, il est nécessaire de vérifier sa durabilité au-delà du projet de recherche, comme pour les recherches-actions (Pahl-Wostl 2002; Fung 2003).

CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE

VERS DES SOLUTIONS DURABLES POUR UNE GESTION CONCERTEE DE LA POLLUTION PHYTOSANITAIRE AU NIVEAU D'UN TERRITOIRE A AGRICULTURE INTENSIVE

À l'issu de cette co-construction d'un modèle territorial et d'évaluation de la problématique de la pollution phytosanitaire selon les trois points de vue sur l'espace (structuré, géré et perçu) du territoire de la Merja Zerga développée à différentes échelles spatiales (bassin versant, exploitation agricole, parcelle culturale), émergent les grandes lignes de l'organisation spatiale des pratiques agricoles et phytosanitaires. Quatre thèmes nous semblent devoir être soulignés: les caractéristiques du milieu naturel, des aménagements hydro-agricoles et la multifonctionnalité du territoire (i) constituent les fondements des pratiques agricoles du territoire de la Merja Zerga et la mise en espace de formes différentes d'organisation des exploitations et des pratiques phytosanitaires (ii). Ces pratiques phytosanitaires sont à l'origine d'une pression phytosanitaire et de risques de toxicité sur la santé de l'applicateur des traitements et son environnement liés à la structuration de l'espace (iii). La mise en place d'une stratégie de gestion concertée nécessite la participation de toutes les parties prenantes.

LE BASSIN VERSANT DE LA MERJA ZERGA UN TERRITOIRE STRUCTURE PAR LES CARACTERISTIQUES DE SON MILIEU NATUREL ET LES AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES ET GERE PAR UNE MULTITUDE D'ACTEURS

La délimitation d'une unité spatiale porteuse du territoire de la Merja Zerga, le bassin versant, qui s'étend sur une superficie de 914 km², nous a permis de faire une analyse de son espace structuré, géré et perçu par les différents acteurs. Cette analyse a permis de souligner l'importance des caractéristiques du milieu naturel et des aménagements hydro-agricoles dans la distribution des exploitations agricoles, de faire émerger la multifonctionnalité du territoire et d'un rapport au travail agricole et à l'environnement. À l'échelle du bassin versant les conditions naturelles (types des sols, topographie et bioclimat) et les aménagements hydro-agricoles constituent une marge de manœuvre dans la mise en culture des terres, le choix des cultures et le recours aux traitements phytosanitaires. L'inscription multi-territoriale au niveau du bassin du Sebou et des zones d'actions agricoles du Loukkos et du Gharb et de la réserve biologique constituent des sources de conflits d'usage de l'espace. Le manque d'espace par morcellement des structures des exploitations agricoles et du mode de faire-valoir sont susceptibles d'entraîner une intensification des activités agricoles et laissent présager de l'usage massif de pesticides.

ORGANISATIONS DES EXPLOITATIONS SUIVANT UN FONCTIONNEMENT SPATIAL

Cette organisation spatiale générale des activités participe à la définition de fonctionnements d'exploitations et de modes divers de gestion de l'espace. Six types de fonctionnement spatial d'exploitation ont été identifiés: Maraichage_ Grandes cultures situé au niveau de la zone de Mnasra, Céréales_Oléagineux_Maraichage occupant le CDA de Sidi Mohamed Lahmar,

Céréales_fourrages_Cultures industrielles_Arboricultures localisés au niveau de Hraid, Céréales_Oléagineux-Fourrage_Cultures sucrières caractérisant Souck Tlet, Oléagineux-Céréales_Fourrage-Cultures sucrières situé à Souck Larbaâ, Maraichage_Fruits rouges occupant la zone de Lalla Mimouna. Chacun de ces systèmes de productions végétales est synonyme d'une préférence accordée à une orientation culturale plutôt qu'à une autre, à la mise en œuvre des rotations, et en corollaire, à des pratiques particulières.

Pour chaque système de culture deux sous-groupes sont ainsi définis en fonction de la surface des exploitations agricoles représentant ainsi le poids de chaque sous-groupe au sein du bassin versant. Pour chaque système de production végétale type est assigné un ensemble d'assolements potentiel. Ces originalités de gestion des exploitations agricoles suivant un fonctionnement spatial interrogent alors sur les pratiques phytosanitaires.

PRATIQUES PHYTOSANITAIRES A L'ORIGINE D'UNE PRESSION PHYTOSANITAIRE ET DE RISQUES DE TOXICITE SUR LA SANTE DE L'APPLICATEUR ET SON ENVIRONNEMENT LIES A LA STRUCTURATION DE L'ESPACE

Les pratiques phytosanitaires relatives aux traitements des différentes cultures révèlent une extrême hétérogénéité des produits utilisés, doses, nombres de traitements, périodicité, etc. Les raisons en sont d'ordres multiples : coût des produits, efficacité, toxicité et risques pour l'environnement, perception de l'agriculteur, stratégie de gestion. Les agriculteurs enquêtés peuvent être classés en deux catégories selon leur comportement face aux organismes nuisibles :

- comportement de lutte systématique en raison d'une méconnaissance des effets des pesticides sur l'environnement ou de l'absence de prise en compte de l'environnement dans les stratégies ;
- comportement de lutte raisonnée, pour des raisons économiques ou des connaissances des effets des phytosanitaires sur leur santé.

Les contraintes naturelles semblent par exemple imposer l'usage massif des pesticides en raison d'une forte pression parasitaire. Cependant, ce seul argument doit être remis en question. L'observation des quantités phytosanitaires appliquées par les agriculteurs en fonction des systèmes de productions végétales montre en effet que dans certaines conditions, une minimisation des épandages est possible. Elle montre aussi que la distribution des indicateurs de pression (IFT) et de risques de toxicité sur la santé de l'applicateur (IRSA) et l'environnementale (IRTE) est en effet essentiellement le résultat de celle des systèmes de culture, des orientations culturales et des itinéraires techniques.

La mise en œuvre de systèmes de cultures raisonnées, dont le choix est une résultante directe du type de gestion de l'espace des exploitations (type de fonctionnement spatial d'exploitation), dépend fortement de la structure et des surfaces d'exploitations. Dans la mesure où ces logiques de gestion de l'espace sont distribuées, il ressort que la structure de l'espace joue un rôle majeur dans la distribution des pratiques agricoles.

DES SOLUTIONS ASSURANT LA DURABILITE DE L'AGRICULTURE PASSENT PAR UNE GESTION CONCERTEE AU NIVEAU DU TERRITOIRE

Les solutions durables pour lutter contre la pollution phytosanitaire diffuse et ses impacts sur la santé de l'applicateur et son voisinage et les ressources naturelles dont les zones Ramsar reposent sur une gestion concertée par les parties prenantes au niveau d'un territoire commun et porteur de la problématique. Dans le cadre d'une démarche participative, les outils utilisés telles que les jeux de simulations permettent un apprentissage dynamique et interactif de la gestion des systèmes de productions agricoles par les acteurs eux-mêmes. Ils permettent aussi de mesurer les difficultés de mise en œuvre de mesures réglementaires visant à réduire l'utilisation des produits phytosanitaires sur un territoire donné. Cette approche permet de faire une analyse dans le temps et dans l'espace des problèmes liés à l'usage des produits phytosanitaires. Au niveau des exploitations agricoles, elle permet de mettre en exergue l'iniquité spatiale au niveau du bassin versant.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Notre question de recherche partait d'un problème de la pollution phytosanitaire diffuse au niveau d'un territoire à vocation agricole situé en amont d'une zone humide classée Ramsar. Cette question globale nous a poussé à nous interroger plus globalement sur les outils offerts par les courants interdisciplinaires de la géographie et l'agronomie, ainsi sur leur place dans les problématiques environnementales.

Tout au long de ce travail de thèse, nous avons associé deux volets complémentaires (i) : le développement d'une méthodologie de recherche générique (ii) et la contribution au diagnostic des niveaux de la pollution phytosanitaire diffuse au niveau du territoire de la Merja Zerga par une analyse des pratiques culturales et phytosanitaires avec la participation de nombreuses parties prenantes.

En conclusion de ce travail nous revenons sur chacun des deux volets.

Dans un premier temps, nous précisons les contributions scientifiques apportées par notre approche ainsi que ses limites. Dans un deuxième temps, nous cherchons les articulations et les liens entre les connaissances requises au niveau du territoire de la Merja Zerga et les généralisations que nous avons tirées en terme de stratégie de réduction de l'usage et des risques de toxicité sur la santé humaine et l'environnement. Pour finir nous annonçons quelques perspectives de recherche qui nous paraissent prometteuses pour la suite de la recherche.

1. Outils de gestion de la pollution phytosanitaire diffuse au niveau d'un territoire : couplage de SIG, des indicateurs et plate-forme technico-économique pour un jeu de simulation

Au terme du travail de thèse, la pertinence et les apports de l'itinéraire de recherche transdisciplinaire à la géographie et l'agronomie pour le traitement d'une problématique environnementale à l'interface de la société et de la nature ont été affirmés.

L'analyse multi-échelle du territoire de la Merja Zerga réalisée à l'aide du SIG nous a permis

de comprendre le rôle de l'espace structuré, facteur important dans la genèse et l'aggravation des risques de pollution phytosanitaire diffuse.

Le couplage du SIG avec les indicateurs (IFT, IRSA et IRTE) nous a permis de voir la variabilité spatiale à l'origine d'une iniquité spatiale à la propension à polluer.

Le couplage du SIG avec le modèle technico-économique nous a permis de comprendre les pratiques des agriculteurs et leur distribution spatiale. Il nous a aussi permis de trouver des réponses des déterminants des pratiques phytosanitaires et nous a aidé à comprendre le fonctionnement du système constitué par le territoire de la Merja Zerga.

En revanche, aucun des outils (SIG, indicateurs, plate-forme technico-économique) n'a permis d'intégrer la perception du territoire ou de l'environnement par les agriculteurs enquêtés. Le SIG constitue un outil d'analyse spatiale et de description des déterminants de la pollution phytosanitaire. Il s'agit de la première étape de l'itinéraire de recherche et de diagnostic de la problématique pour une identification des contraintes spatiales auxquelles sont soumis les agriculteurs. Le croisement des contraintes en utilisant les extensions du SIG

(analyse spatiale en 2D et 3D) reste limité. Dans ce cadre de Travail, nous n'avons pas pu faire des croisements en considérant l'emboitement des échelles spatiales de la parcelle au bassin versant.

Le diagnostic de pression et de risques de toxicité humaine et environnementale par le biais d'un indicateur de pression (IFT) et de risques de toxicité humaine (IRSA) et environnementale (IRTE) permet une gestion efficiente des assolements et des pratiques phytosanitaires dans l'espace et dans le temps en fonction de la localisation géographique des cultures et de la vulnérabilité du milieu récepteur à la pollution phytosanitaire diffuse. L'usage de ces outils montre les limites de l'IFT comme outil de gestion de la pollution phytosanitaire sur la santé humaine et l'environnement. L'IRSA peut être utilisé pour le choix des produits à moindre risque sur la santé des applicateurs.

L'IRTE permet l'évaluation de la toxicité environnementale spatialisée et ainsi de mettre en exergue l'iniquité spatiale afin de pouvoir intégrer ce paramètre dans la réflexion sur l'application des politiques publiques. Il s'agit d'un outil de diagnostic et d'évaluation a priori des risques phytosanitaires sur la biodiversité et l'environnement. Il se décline en plusieurs sous indicateurs (IRTE aigu, chronique et global). Il peut être calculé pour une espèce, un compartiment naturel (eau, sol, air) ou pour un écosystème au niveau d'un territoire. Il s'agit aussi d'un outil d'aide à la décision dans le choix des assolements et de leurs répartitions dans l'espace pour une gestion de l'iniquité spatiale. Il sert aussi d'outil d'évaluation a posteriori des mesures d'atténuation du risque**.**

Le couplage des trois outils nous a permis d'évaluer la pollution phytosanitaire diffuse et son ampleur sur la santé des agriculteurs, des ouvriers agricoles et l'environnement. Mais cela n'a pas permis de voir l'évolution du système en cas de mise en place de stratégie de réduction ou de politique d'intensification de certaines cultures, cas de la politique du Plan Maroc Vert d'où l'intérêt du jeu de simulation SimPhy. Il a été conçu et testé dans le cadre d'une démarche participative avec la collaboration des acteurs du terrain pour l'évaluation d'une stratégie de gestion concertée de réduction de l'usage (IFT) et des risques de toxicité humaine (IRSA) et environnementale (IRTE).

L'étape du jeu SimPhy est l'élément majeur et une des originalités de la thèse. Il a eu, pour la première fois, usage d'une plate-forme de modélisation où le SIG, les indicateurs de pression (IFT) et de risques de toxicité humaine (IRSA) et environnementale (IRTE) ont constitués des données d'entrée.

Le couplage du SIG, du modèle technico-économique et des indicateurs de pression (IFT) et de risques de toxicité humaine (IRSA) et environnementale (IRTE) est rare à l'heure actuelle. L'utilisation de ces outils d'aide à la décision dans le cas du jeu de simulation pour faire émerger des règles de gestion est une innovation. Cette méthode (i) permet à des participants, placés en disposition d'acteurs, de tirer les conclusions de leurs propres succès et erreurs et (ii) de reproduire une situation proche de la réalité (Le Grusse 2001).

2. Territoire pour une gestion concertée de la pollution phytosanitaire diffuse

En plus de la conception et la mise en œuvre d'un itinéraire de recherche générique transposable à d'autres territoires, l'un de nos objectifs a été de comprendre et d'évaluer le rôle des déterminants de la pollution phytosanitaire diffuse au niveau du territoire de la Merja Zerga. Pour y aboutir nous avons proposé une lecture analytique. De cette lecture des différents déterminants de l'organisation spatiale des pratiques agricoles (i) trois composantes

ont été dégagées et considérées afin de pouvoir diminuer les impacts des phytosanitaires sur la santé humaine et l'environnement tout en maintenant une viabilité économique de l'agriculture au niveau du territoire (ii).

2.1 Des déterminants à différentes échelles spatiales : de la parcelle au bassin versant

Après l'exploitation des données issues de la bibliographie, des enquêtes et des entretiens avec des acteurs du terrain, il ressort que le potentiel naturel et agricole et l'aménagement hydro-agricole de l'espace ont façonné l'organisation actuelle du territoire et induit une utilisation massive des phytosanitaires et par conséquences des pollutions diffuses à grand risque sur la santé humaine et l'environnement.

La lecture analytique de l'espace a permis une identification et un recensement des déterminants des pratiques agricoles et phytosanitaires et les raisons de leur variabilité spatiale. Cela nous a permis aussi de comprendre la perception des agriculteurs au territoire de l'exploitation.

L'analyse du territoire selon le point de vue de l'espace structuré, nous a permis de constater que les contraintes liées au milieu physique se trouvent à différents niveaux géographiques, de la région administrative à l'exploitation agricole: types de sols, topographie, conditions climatiques, structures des exploitations. Les taux élevés d'humidité ou les fortes sècheresses sont des facteurs de prolifération des ravageurs des cultures. La petitesse des exploitations conduit à une intensification par la pratique des dérobés et les rotations courtes, ainsi que l'utilisation massive des phytosanitaires. De cette structuration de l'espace résulte une gestion de l'espace.

Dans le territoire de la Merja Zerga, la gestion de l'espace est à multiples échelles de l'international, national, régional au CDA où interagit une multitude d'acteurs et d'échelles spatiales (bassin hydraulique, ORMVA, réserve biologique…).

Pour l'exploitation agricole, la gestion de l'espace est le résultat de l'interaction de nombreux facteurs connus (conditions naturelles, SAU et mode de faire valoir des terres, aménagements hydro-agricoles, niveau intellectuel de l'agriculteur et ses projets) et d'autres inconnus. De l'interaction de tous ses facteurs six systèmes de production végétale ont été avancés selon un fonctionnement spatial : Maraichage_Grandes cultures, Céréales_Oléagineux_Maraichage, Céréales_Fourrages_Cultures industrielles_Arboricultures, Céréales_Oléagineux-Fourrage_Cultures sucrières, Oléagineux-Céréales_Fourrage-Cultures sucrières, Maraichage_Fruits rouges.

Quant à l'espace perçu, il constitue la composante la plus difficile à intégrer pour l'explication des pratiques culturales et phytosanitaires. Mais nous avons essayé d'analyser cette perception en se basant sur les comportements des agriculteurs face aux organismes nuisibles et de leur perception des risques liés aux phytosanitaires sur leur santé et l'environnement.

2.2 Stratégie de gestion concertée pour une diminution des impacts de phytosanitaires

De l'analyse du territoire, nous avons montré le lien entre l'organisation spatiale et les pratiques phytosanitaires. Pour mettre en place une stratégie de gestion concertée et adaptée aux spécificités du territoire, la prise en compte des pratiques agricoles est indispensable en lien avec l'environnement et avec la participation des acteurs concernés par la problématique. D'où la pertinence de l'approche participative, qui permet la construction d'une

représentation commune du territoire en vue de mettre en place des règles de gestions concertées. Il nous semble évident que le maintien de la durabilité de l'agriculture par une gestion efficiente de la pollution phytosanitaire diffuse nécessite la prise en compte de plusieurs niveaux. Le niveau exploitation, par une organisation spatiale et temporelle des pratiques agricoles. La mise en place de pratiques raisonnées doit être pensée non seulement à l'échelle de la parcelle culturale et de son itinéraire technique mais aussi au niveau du système de cultures par campagne agricole et même pour des rotations multi-annuelles. Nous l'avons démontré pour la situation de base et lors des séances de simulations par la performance des systèmes de cultures à réduire la pression et les risques de toxicité des phytosanitaires (voir chapitres neuf et dix) par le biais des IFT, IRSA et IRTE. Nous avons pu constater que la performance dans la mise en place de systèmes de cultures économes en phytosanitaires est inter et intra-variable en raison de la rentabilité des cultures et de la SAU de l'exploitation. En revanche, nous avons pu voir que malgré cette variabilité, la performance globale du bassin versant a été atteinte. Ce résultat prouve que la performance pour une réduction de la pollution phytosanitaire nécessite aussi un territoire autre que celui de l'exploitation : il s'agit du territoire de concertation entre les parties prenantes. La réduction de la pollution phytosanitaire diffuse avec un maintien de la viabilité des exploitations nécessite la conception d'un territoire qui réunit tous les acteurs concernés : le territoire projet. Celui-ci devrait être comme un système approprié et représenté de la même manière par tous. Le bassin versant nous semble le territoire où des actions à entreprendre permettent la protection de la Merja Zerga comme patrimoine mondial et de la ressource en eau potable. Mais nous avons constaté que même les agriculteurs dont les exploitations sont localisées au niveau de la réserve biologique ne le savent même pas. L'intégration de l'exploitation dans un territoire plus large pour la protection de la lagune nécessite un grand effort de vulgarisation et de coordination, du fait de la difficulté de superposer des unités spatiales à vocations différentes surtout entre des unités écologiques et socio-économiques, cas de la réserve biologique et de l'exploitation agricole.

En vue de continuer la recherche de nombreuses perspectives sont à mentionner à la fin de cette conclusion.

PERSPECTIVES DE RECHERCHES

Notre démarche est basée sur un modèle de représentation spatialisé adapté pour une compréhension de la complexité d'une problématique environnementale : pollution phytosanitaire. Il s'agit d'approche transdisciplinaire enrichissante pour la géographie et l'agronomie avec les concepts et les outils mobilisés. La géographie a enrichi l'agronomie avec les concepts : société, nature, environnement. De son côté l'agronomie a apporté ses concepts de pratiques agricoles, systèmes de cultures et l'environnement. Mais elles ont aussi partagé le territoire comme concept transversal pour résoudre une problématique environnementale. Elles se sont aussi enrichies mutuellement par les outils méthodologiques. Les SIG apportés par la géographie ont été de grande importance dans la lecture et la compréhension des déterminants des pratiques culturales et de la pollution diffuse. Les enquêtes de terrain et les modèles technico-économiques, la typologie des exploitations ont permis de comprendre l'espace géré et perçu pour comprendre les logiques liées à la mise en place des pratiques. L'ouverture des deux disciplines sur les sciences sociales et cognitives leur a permis d'emprunter les jeux de simulations et les indicateurs pour faire des simulations

en vue d'évaluer des stratégies de gestions concertée. Néanmoins des améliorations sont à apporter aux outils utilisés :

- Un approfondissement de l'analyse spatiale pour pouvoir répondre à la question : comment prendre en compte les emboitements d'échelles spatiales, parcelle culturale, exploitation agricole et bassin versant sans perdre de l'information ni compliquer le processus de modélisation ? Il est aussi indispensable de faire une étude de l'occupation du sol par photo-interprétation et télédétection afin de disposer d'un parcellaire ou d'ilots de parcelles pour la spatialisation des risques de pollution phytosanitaire diffuse ou d'autre phénomènes liés à l'agriculture en vue de voir les zones à contribution plus élevées à la pollution, ainsi de répondre à la question comment passer d'un niveau d'organisation à l'autre ?
- Une exploration plus détaillée du comportement des agriculteurs face aux organismes nuisibles pour les cultures par des études sociologiques est nécessaire en vue d'améliorer les méthodes de vulgarisation et d'action des agents de développement.
- Il est nécessaire d'augmenter le nombre d'enquêtes de terrain pour avoir plus de représentativité des systèmes de cultures au niveau du bassin versant. Cela permettrait de répondre à la question comment construire une typologie la plus réaliste possible ? Comment mettre en relation les modèles de plusieurs niveaux d'organisation spatiale ?
- Dans notre analyse, nous avons choisi la campagne agricole comme la plus petite échelle d'analyse temporelle. Ce choix est adéquat dans la mesure où nous avons engagé une réflexion qui prend en compte l'aspect technico-économique, environnemental global et la stratégie de l'agriculteur. Cependant il convient de réfléchir sur d'autres unités temporelles comme par exemple le cycle cultural des espèces végétales, les rotations pluriannuelles et leurs impacts sur l'usage des phytosanitaires, les années de retour climatiques et de pressions phytosanitaires.
- Une éventuelle amélioration de l'indicateur de risque de toxicité environnementale (IRTE) en perfectionnant les facteurs de pondération suivant le milieu récepteur (type de sols, taux d'humidité et de matière organique, ..) ainsi que la mise en place de méthode de classification des IRSA et IRTE paraît souhaitable.
- Un test du jeu de simulation suite à un développement d'une phase de gestion collective. Les séances de simulation mettant en œuvre cette phase du jeu ont pour objectif de nous permettre de juger de la pertinence d'introduire un processus de négociation pour la gestion d'un problème de pollution diffuse à une échelle plus large et la possibilité de faire émerger d'éventuels conflits d'usage de l'espace et de gouvernance.
- De ces questions de recherche découle une question plus globale : comment mettre en œuvre les connaissances acquises au cours de cette recherche au niveau du territoire de la Merja Zerga dans le cadre d'une pratique de terrain : recherche-action ?

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Aabad M. (2008). "Stratégies d'amélioration de l'efficience d'utilisation de l'eau d'irrigation par la canne à sucre au Gharb-Maroc. Approches par expérimentations "in situ" et par adaptation et utilisation du modèle "MOSICAS"." Thèse de Doctorat. Académie Universitaire Wallonie-Europe Faculté Universitaire Des Sciences Agronomiques De Gembloux.

Abbott M. B., Bathurst J.C., Cunge J. A., O'Connell P. E. et Rasmussen J. (1986). "An introduction to the European Hydrological System - Système Hydrologique Européen 'SHE'." Journal of Hydrology: 87.

ABHS (2011). "Étude d'actualisation du plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau du bassin hydraulique de Sebou " agence du bassin hydraulique du sebou note de synthese Septembre 2011.

Affisco J. (2000). "My Experiences with Simulation/Gaming-5 Years Further Down the Road, Simulation and Gaming " 1: 31.

Agences pour la Promotion et le Développement du Nord (2011). " Les Régions du Nord du Maroc . Etat des lieux territorial. Démographie, économie, secteurs sociaux, infrastructures et compétitivité."

Aït El Kadi M. et Benoit G. (2010). "Le Pilier II du Plan Maroc Vert : pour des dynamiques d'adaptation de la petite agriculture au changement climatique " n° 12.

Akesbi N. (2006). "Accord de libre-échange Maroc-Etats-Unis : un volet agricole lourd de conséquences." Région et Développement n° 23: 107-128

Albrecht A. (1988). "Influence du système de culture sur l'agrégation d'un vertisol et d'un sol ferralitique (Antilles)." Cah. ORSTOM, sér. Pédol. XXIV.

Allali M. et Enahari J. (2001). "Comportement des nouvelles variétés de canne à sucre dans la région du Gharb et Loukkos. Rapport des résultats des expérimentations sur la canne à sucre ORMVAG, CTCS, Maroc. Convention de recherche entre ORMVAG (CTCS) et profession sucrière, période 1996-2000.".

Allaya M., Attonaty J.M, Le Bars M., Le Grusse Ph. et Mahjoubi R. (2004). "MEDTER « Jeu de simulation pour l'aide à la décision en agriculture »." CIHEAM/IAM Montpellier novembre 2004(ISBN : 2-85352-293-8).

Amharref M., Assine S., Bernoussi A. et B. H. (2007). "Cartographie de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines : Application à la plaine du Gharb (Maroc). ." Revue des Sciences 20 (2).

Amiphy (2012). " Liste des Pesticides à usage agricole Commercialisés par les Sociétés Membres." http://www.amiphy.org/fr/Produits.php?pg=19&l=Mhttp://www.amiphy.org/fr/Produits.php?pg=19&l=M.

Anderies J., Janssen M. et Ostrom E. (2004). "A Framework to Analyze the Robustness of Social-ecological Systems from an Institutional Perspective." Ecology and Society 9(1): 18.

Anses (2010). "Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à une demande d'autorisation de mise sur le marché de la préparation TOUCHDOWN FAST à base de glyphosate et de diquat, de la société SYNGENTA AGRO S.A.S." Anses – dossier n° 2008-0978 – TOUCHDOWN FAST 1/19 Maisons-Alfort,.

Aronoff S. (1991). "Geographic Information systems, a management perspective." Ottawa, WDL Publications: 294.

Arrifi El M. (2008). " La gestion intégrée en eau au Maroc: ressources, contraintes et Implications sur l'économie d'eau." Revue HTE N°140 Septembre 2008.

Attonaty J.-M., Chatelin M.-H. et Garcia F. (1999). "Interactive simulation modelling in farm decision-making." Computers and Electronics in Agriculture 22: 157-170.

Attonaty J.-M. et Soler L.-G. (1992). "Aide à la décision et gestion stratégique : un modèle pour l'entreprise agricole." Revue française de Gestion: 88.

Attonaty J.M., Chatelin M.H. et Garcia F. (1999). "Interactive simulation modelling in farm decision-making." Computers and Electronics in Agriculture: 22.

Attonaty J.M., Chatelin M.H., Poussin J.C. et Soler L.G. (1991). "Advice and decision support systems in agriculture : new issues." In Decision Support Systems, Bruges, Belgique.

Aubertot J-N., Doré T., Ennaifar S., Ferré F., Fourbet J.F. et Schneider O. (2005). "Integrated Crop Management requires to better take into account cropping systems in epidemiological models. Proceedings of the 9th International Workshop on Plant Disease Epidemiology." Landerneau, France

Aubry C. (2007). "La gestion technique des exploitations agricoles, composante de la théorie agronomique. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, Instituts National Politechnique de Toulouse." Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches(Instituts National Politechnique de Toulouse).

Auriac F. (1986). "Du spatial et du social : de la géographie aujourd'hui." In Espaces, jeux et enjeux. Ed. Fayard Diderot: 73-81.

Aurrousseau P., Gascuel-Odoux C. et Squividant H. (1998). "Elements pour une méthode d'évaluation d'un risque parcellaire de contamination des eaux superficielles par les pesticides." Etude et gestion des sols 5, 3: 143-156.

Ayadi H., Marjorie Le Bars M., Le Grusse Ph., Mandart E., Fabre J., Bouaziz A., Bord J-P. (2013). "SimPhy: a simulation game to lessen the impact of phytosanitaries on health and the environment - The case of Merja Zerga in Morocco". Environmental Science and Pollution Research, ESPR-D-13-00311R2.

Azdad M. (1998). " Présentation de la lagune de Moulay Bousselham « Merja Zerga ». Atelier du réseau RAMSAR Atlantique-Est sur les zones humides (Baie de Somme-France-du 24/9/1998 au 27/9/1998)." Ministère De L'agriculture, Du Développement Rural et Des Pêches Maritimes: Ministère Délégué Charge Des Eaux Et Forêts Royaume du Maroc.

BAD (2009). "Proposition visant l'octroi d'un don de 1.000.000,00 USD : au titre de l'aide d'urgence au programme d'actions pour attenuer les effets des inondations dans la région du Gharb." Banque Afriquenne de Développement.

Baillie L., Hibbs S., Tsai P., Cao G.L. et Rosen G.M. (2005). "Role of superoxide in the germination of Bacillus anthracis endospores." FEMS Microbiol Lett 245, 33-38.

Balint T., Ferenczy J., Katai F., KissI., Kraczer L. et Kufcsak O. (1997). "Similarities and differences between the massive eel (Anguilla anguilla L.) devastations that occurred in lake Ablation in 1991 and 1995." Ecotoxicol. Environ. Saf.: 37, 17-23

Barreteau O. (2003). "The joint use of role-playing games and models regarding negotiation processes: characterization of associations." Journal of Artificial Societies and Social Simulation 6(2).

Barreteau O., Cernesson F. et Ferrand N. (2001). " Pluralité des échelles de référence pour les acteurs d'un contrat de rivière." Colloque international « Politique de l'eau et développement local, de la réflexion à l'action en milieu méditerranéen », co-organisé par l'université Grenoble 1 et l'université Montpellier 31er et 2 mars 2001, Montpellier, REM: 24.

Barreteau O. (2003). "The joint use of role-playing games and models regarding negotiation processes: characterization of associations." Journal of Artificial Societies and Social Simulation vol.6: n° 2.

Baudelle G. et Pinchemel (1986). "De l'analyse systémique de l'espace au système spatiale en géographie." In Espaces, jeux et enjeux. Ed. Fayard Diderot: 83-94, p. 94.

Beaud M., Beaud C. et Bouguerra M. (1993). "L'état de l'environnement dans le monde." La Découverte, Paris: 438 pages.

Becu N. (2001). "Modélisation de la gestion de l'eau d'irrigation à l'échelle d'un bassin versant et exploration du système via simulations. Une approche basée sur les Systèmes Multi-Agents. Le cas du bassin versant du Mae Uam - Nord-Thaïlande." Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts, Sciences de l'Eau dans l'Environnement Continental, Université Montpellier II: 128 pages + annexes.

Bedos C., Cellier P., Calvet R. et Barriuso E. (2002). "Occurrence of pesticides in the atmosphere in France." Agronomie 22: 35-49.

Belhadj C. (2011). " Etude de l'état des lieux du système d'homologation des pesticides au Maroc." Mémoire de fin d'étude, IAV Hassan II: 11-12.

Ben Marzouq A. (2007). "Moins de résidus de pesticides dans les aliments, selon l'AESA. ." Article de journal :Agra Alimentation

Benhoussa A., Qninba A., M.A. E. A. et Dakki M. (2006). "Avifaune aquatique. Phase du diagnostic du volet ornithologie." Rapport inédit Projet de gestion intégrée du complexe des zones humides du Bas Loukkos: 96 p.

Benoît M. D. J.-P., Gras F., Bienaimé E., Riela-Cosserat R., (1997). "Agriculture et qualité de l'eau - Une approche interdisciplinaire de la pollution par les nitrates d'un bassin d'alimentation." Cahiers Agriculture n°6: 97-105.

Berger P. et Ofek E. (1995). "Diversification's effect on firm value." Journal of Financial Economics 37: 39-66.

Berriet-Solliec M. et Déprés C. (2004). "Quelle prise en compte des effets de proximité par les nouvelles formes de gestion publique de l'agriculture ?" In « IVème journées de la proximité », Marseille Juin 2004: 14 pages.

Bertalanffy V. (1968). " General systems theory. George Braziller." Inc. New Yorc: 295pages.

Bertrand G. et Bertrand C. (2002). "Une géographie traversière. L'environnement à travers territoires et temporalités." Paris. Editions Arguments: 311 p.

Beuret J.E (1998). "Agriculture et qualité de l'espace rural, coordinations, conventions, médiations : l'analyse d'une offre et d'une demande de qualité d'un bien non-marchand et des formes de coordination mises en oeuvre par les agents (à partir d'un cas en Bretagne centrale)." Thèse de doctorat en économie rurale ; Paris, FRA: 384 pages.

Biberson P. (1971). "Essai de redéfinition des cycles climatiques du Quaternaire continental du Maroc." Quaternaire 8, 1,: 3-13.

Bishop M.A., Harris J. et Canjue Z. (2000). " Agricultural management zones for Bar-headed Geese and Black-necked Cranes in Tibet In: Wu N, Miller D, Lu Z, Springer J." (eds)

Tibet's Biodiversity Conservation and Management. China Forestry Publishing House, Beijing: 55-60.

Baldi I., 1998. Effets neurologiques centraux chroniques des expositions professionnelles aux pesticides. Thèse de doctorat en sciences biologiques et médicales, université de Bordeaux II, 2 vol., 220 p.

Bockstaller C., Gaillard G., Baumgartner D., Freiermuth Knuchel R., Reinsch M., Brauner R. et Unterseher E. (2006). "Méthodes d'évaluation agri-environnementale des exploitations agricoles : Comparaison des méthodes INDIGO, KUL/USL, REPRO et SALCA, Colmar, ITADA." 112 pages.

Bockstaller C., Guichard L., Makowski D., Aveline A., Girardin P. et Plantureux S. (2008). "Agri-environmental indicators to assess cropping and farming systems." A review. Agronomy for Sustainable Development 28: 139-149.

Bodelle J. et Margat J. (1980). "Leau souterraine en France." Masson

Boisset G. (2008.). "Les systèmes de paiements pour services environnementaux (PSE) et l'eau : des opportunités pour aider les agriculteurs ?" Synthèse technique, AgroParisTech Engref.

Bonnamour J. (1993). "Géographie rurale. Position et méthode." Ed. Masson, Coll. Recherches en Géographie, Paris, Milan, Barcelone, Bonn: 134 p.

Bonny S. (2010). "L'intensification écologique de l'agriculture : voies et défis." ISDA 2010, Montpellier 28-30 Juin 2010.

Bontems P. et Rotillon G. (1998). "Économie de l'environnement." La Découverte.

Bousquet P., Hauglustaine D. A., Peylin P., Carouge C. et Ciais P. (2005). "Two decades of OH variability as inferred by an inversion of atmospheric transport and chemistry of methyl chloroform, Atmos." Chem. Phys. 5: 2635–2656.

Bousquet F., Barreteau O., d'Aquino P., Etienne M., Boissau S., Aubert S., Le Page C., Babin D. et Castella J.-C. (2002). "Multi-agent systems and role games : collective learning processes for ecosystem management." In Complexity and Ecosystem Management: The Theory and Practice of Multi-agent Approaches. M. Janssen (dir.) Edward Elgar Publishers: 30 pages.

Bravard J.-P. et Petit F. (2000). "Les cours d'eau : dynamique du système fluvial." Paris, A. Colin: 220 pages.

Brown A.WA. (1978). "Ecology of Pesticides." New York:Wiley-Interscience.

Brown E. C., Claassen A., Hathaway C. R., Holmstead J., Powell T., Wehrum W. et Weinstein K. (2001). "Pesticide regulation deskbook." Washington, DC Environmental Law Institue.

Brunet R. (1997). "Territoires de France et d'Europe. Raisons de géographe." Paris, Belin Coll. « Mappemonde »: 320 p. (ISBN 2-7011-2105-1).

Brunet R. (2000). "Le déchiffrement du monde." Mappemonde, Belin.

Brunet R. et Dollfus O., 1990.. (1990). " Géographie Universelle, «Mondes nouveaux»." Hachette, Dresch Jean, La Géographie, Encyclopedia Universalis 2002 Tome 1.

Brunet R., Ferras R. et Théry H. (1992). "Les Mots de la géographie." Dictionnaire critique. Paris/Montpellier RECLUS/ La Documentation française.

Burrough P.A. (1986). "Principles of Geographical Information Systems for Land Ressources Assessment." Oxford, Oxford University Press: 193 pages.

Burrough P. A. et McDonnell R.A. (1998). "Principles of Geographical Information Systems." New York:Oxford University Press.

Cagan H. (2004). "Sekercioglu Université Stanford " Académie des Sciences Américaines - AFP 13/12/04.

Calvet R., Barriuso E., Bedos C., Benoit P., Charnay M.P. et Coquet Y. (2005). "Les pesticides dans le sol : Conséquences agronomiques et environnementales." Editions France Agricole: 637 pages.

Capillon A. (1993). "Typologie des exploitations agricoles. Contribution à l'étude des problèmes techniques." Thèse de doctorat en sciences agronomiques, INA-PG, Paris.

Caplat P., Lepart J. et Marty P. (2006). "Landscape patterns and agriculture: modelling the long-term effects of human practices on Pinus sylvestris spatial dynamics (Causse Mejean, France)." Landscape Ecology 21: 657-670.

CAPM. (2010). "Centre Anti Poison du Maroc." Toxicologie Maroc vol 4. 1er trimestre.

Carson R. (1962). "Silent Spring." Boston, Houghton Mifflin réimprimer. Mariner Books, 2002(ISBN 0-618-249060): Traduction française éditions wildproject. 2009.

Carton L. et Karstens S. (2002). "The W4S game: exploring the future of consequences of water management." In : Mayer I, Veeneman W, eds. Games in a world of infrastructures. Simulationgames for research, learning and intervention. Delft : Eburon.

Castany G. (1982). "Principes et méthodes de l'hydrogéologie." Ed. Bordas, Paris.

Castany G. et Margat J. (1977). "Dictionnaire français d'hydrogéologie." BRGM Service géologique national, Orléans: 249 pages.

Castella J. C., Tran Ngoc Trung et Boissau S. (2005). "Participatory simulation of land-use changes in the northern mountains of Vietnam: the combined use of an agent-based model, a role-playing game, and a geographic information system." Ecology and Society

10 (1) ( ): 27 [online] URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss1/art27.

CE (2000). "Guide europpéen Sanco/4145/2000."

CGDA (2009). "Pilier II du Plan Maroc Vert : de la stratégie à l'action. Conseil Général du Développement Agricole." Ministère de l'agriculture et de la pêche maritime, Royaume du Maroc.

Chahinian N., Moussa R., Andrieux P. et Voltz M. (2005). "Comparison of infiltration models to simulate flood events at the field scale." J. Hydrol., 306(1-4): pp. 191-214.

Chahinian N., Moussa R., Andrieux P. et Voltz M. (2006). "Accounting for temporal variation in soil hydrological properties when simulating surface runoff on tilled plots." J. Hydrol., 326(1-4): pp. 135-152.

Chakhar S. (2006). " Cartographie décisionnelle multicritère : Formalisation et implémentation informatique." Thèse pour l'obtention du titre de docteur en informatique: Université Paris Dauphine D.F.R. Sciences Des Organisations.

Champeaux C. (2006). "Recours à l'utilisation de pesticides en grandes cultures : évolution de l'indicateur de fréquence de traitements au travers d'enquêtes "pratiques culturales" du SCEES entre 1994 et 2001." In: INRA, (Eds.) Rapport d'étude commmandité par le MAP (DGFAR). Chapot, 2009.

Charlier (2010). "Agriculture des signes de qualité et agriculture OGM : les enjeux de la coexistence." Revue de Droit Rural 2010, Novembre: pp. 7-12. With Mai-Anh Ngo.

Chatelin M.-H., Aubry C., Leroy P., Papy F. et Poussin J.-C. (1993). Pilotage de la production et aide à la décision stratégique. Le cas des exploitations en grande culture. Cahiers d'économie et sociologie rurales. 28.

Chorley R. J. (1969). "The drainage basin as the fundamentalgeomorphic unit." In: Water, Earth and Man (ed.) Chorley R J (London: Methuen) pp. 77-98.

Choumette F., Colard, F., (1997). " Histoire de la théorie des jeux." [en ligne] http://perso.wanadoo.fr/frederic.colard/theojeux/theojeux.html

Christian Kersebaum K. (2000). "Model-based evaluation of land use and management strategies in a nitrate-polluted drinking water catchment in north Germany." In Integrated watershed management in the global ecosystem CRC Press: 223-238.

Christophe B., Demeulenaere E., Thomas F., Joly P.-B., Allaire G. et Goldringer I. (2006). "Innover autrement ? La recherche face à l'avènement d'un nouveau régime de production et de régulation des savoirs en génétique végétale." Dossiers de l'environnement de l'INRA n° 30: 29-51.

Cirac P. (1985). " Le bassin sud-rifain occidental au Néogène supérieur. Evolution de la dynamique sédimentaire et de la paléogéographie au cours d'une phase de comblement." Thèse d'Etat, Université Bordeaux I, France: 283 p.

Clergue B, Amiaud B., Pervanchon F., Lasserre-Joulin F. et Plantureux S. (2005). "Biodiversity: function and assessment in agricultural areas. Areview." Agron Sustain Dev 25:1-15 doi:10.1051/agro:2004049.

Colin F. (2000). "Approche spatiale de la pollution chronique des eaux de surface par les produits phytosanitaires, cas de l'atrazine dans le bassin-versant de Sousson (Gers, France)." Thèse "Sciences de l'eau". ENGREF, Montpellier: 223 pages.

Commission européenne C. (1994). "Directive du Conseil du 15 juillet 1991 concernant la mise en marché des produits phytopharmaceutiques."

Commission européenne C. (2009). " Règlement (CE) n° 1107/2009 du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et abrogeant les directives 79/117/CEE et 91/414/CEE du Conseil " JOUE L309 du 24 novembre 2009.

Cope O. B. et Springer P. F. (1958). "Mass control of insects: The effect on fish and wildlife." Bull. Entomol. Soc. Amer. 4(52 p).

CORPEN (1996). " Qualité des eaux et produits phytosanitaires-Proposition pour une démarche de diagnostic." Ministère de l'Environnement, Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation: 119 pages.

CORPEN (2003). "Estimation des rejets d'azote, pho(Christophe B. 2006)sphore, potassium, cuivre et zinc des porcs." 41 pp.

Courbon J.-C. (1993). " Systèmes d'information : structuration, modélisation et communication." InterEditions,: 288 p.

Courbon J.-C. (1993). Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision.

Cowen R. (1988). "The role of algal symbiosis in reefs through time." Palaios 3: 221-227.

Croix N. (1993). "Des systèmes d'exploitation agricole aux systèmes d'exploitation rurale " in Géographes et campagnes, Mélanges Jacqueline Bonnamour. Ecole Nationale Supérieure de Fontenay/Saint Cloud, Hors collection des cahiers de Fontenay: 47-54.

Crop Life Maroc (2011). "Les statistiques des importations des produits phytosanitaires au Maroc." [http://www.amiphy.org/fr/etudes.php]. .

Cros-Cayot S. (1996). "Distribution spatiale des transferts de surface à l'échelle du versant." Contexte armoricain, ENSAR-INRA, Rennes: 218p.

Crossland M. D., Wynne B. E. et Perkins W. C. (1995). "Spatial decision support systems: an overview of technology and a test of efficacy." Decision Support Systems 14(3): p: 219-235.

Culliney T. W., Pimentel D. et Pimentel M. H. (1992). "Pesticides and natural toxicants in foods." Agriculture, Ecosystems and Environment 41: 297-320.

Curry J. P. (1998). "Factors affecting earthworm abundance in soils. In: Edwards, C. A. ." (eds), Earthworm Ecology. Boca Raton, St. Lucie Press: 389p.

Cyert R. et March J. (1963). "A Behavioral Theory of the Firm, Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall." 2 nd ed., Oxford, Blackwell Publishers, 1992

D'Aquino P., Le Page C., Bousquet F. et Bah A. (2003). "Using Self-Designed Role-Playing Games and a Multi-Agent System to Empower a Local Decision-Making Process for Land Use Management: The SelfCormas Experiment in Senegal." Journal of Artificial Societies and Social Simulation 6(3): 5.

De Marsily G. (1986). "Quantitative Hydrogeology - Groundwater Hydrology for Engineers." Academic Press: 440 p.

De Rosnay J. (1975). "Le macroscope: vers une vision globale." Seuil, Paris.

Debarbieux B. (1999). "« L'exploration des mondes intérieurs », in Géographie, état des lieux, sous la direction de R. KNAFOU." Ed. Belin, Paris: pp. 371-384.

Debbarh A. (1999). " Évaluation du Plan d'Action et de Suivi de l'Environnement en Hydraulique Agricole : Priorités d'action (PASE 2,1999-2002) " MAMVA/AGR - Banque Mondiale - PAGI 2, Mars 1999.

Deffontaines J.-P., Lardon S., Benoit M., Chevignard N., Maigrot J.-L., Marshall E. et Moisan H. (1996). "Itinéraires cartographiques et développement." INRA, Paris 136 p.

Deffontaines J. P. (1998). "Les sentiers d'un géo-agronome." Ed. Arguments, Paris: 360 p.

Deffontaines J. P. (2006 b). "DUne approche géoagronomique. In Benoît M., Deffontaines J.P., Lardon S., 2006. Acteurs et territoires locaux. Vers une géoagronomie de l'aménagement." Editions INRA, Savoir faire: pp 25-27.

Devillers J., Farret R., P G., Rivière J-L. et Soulas G., Eds. (2005). Indicateurs pour évaluer les risques liés à l'utilisation des pesticides, Ed. Tec & Doc.

Di Méo G. (1998). "Géographie sociale et territoires." Paris, Nathan: 317 p.

Direction de la Statistique (2007). "Enquête Nationale sur l'Emploi."

Directive n° 91/414/CEE du 15/07/91 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques.

Dollfus O. (1977). "Anthropologie et sciences naturelles." in L'espace géographique n°3: 210-216.

Domange N. et Capri E. (2006). "Assessment of surface water pesticide contamination : critical development of a new methode for large catchment." 36ème Congrès du Groupe Français des Pesticides. Strasboug.

Donnely J. R. et Moore A. D. (1997). Decision support: delivering the benefits of grazing systems research. 18th International Grass Congress, Australia.

Dubernet J.-F. (1996). "Dynamique de l'atrazine et de la simazine et de leurs métabolites dans le BVRE du Ruiné. Rapport du Groupe Français des pesticides de mai 1996 : Processus de transfert des produits phytosanitaires et modélisation dans les bassins versants." Cemagref Editions: pp 191-292

Dubois de la Sablonière F., Bolo P. et Seguin P. (1999). "Apport d'un système d'informations géographiques pour le zonage des risques de pollution par les produits phytosanitaires." Ingénieries EAT n°18: 29-39.

Dubus I. G., Brown C. D. et Beulke S. (2003). "Sources of uncertainty in pesticide fate modeling." Sci. Tot. Environ 317: pp. 53-72.

Duchesne R.-M., April M-H. et Gingras D. (2003). "Inventaire des indicateurs de risques sur la santé et sur l'environnement pour les pesticides." Direction de l'environnement et du développement durable, MAPAQ, [En ligne]. .

Durand D. (1979). " La systémique, Que Sais-Je, PUF." Paris, 1979, 9ème édition Janvier 2002.

Durand P., Gascuel-Odoux C. et Cordier M. O. (2002.). "Parameterisation of hydrological models: a review and lessons learned from studies of an agricultural catchment (Naizin, France)." Agronomie 2: 22p.

Dziedzicki J.-M. (2001). "Gestion des conflits d'aménagement de l'espace : quelle place pour les processus de médiation ?" doctorat en aménagement de l'espace et urbanisme, Université de Tours / CESA,. EPEES 443 p.

El Bakouri H., Ouassini A., Morillo J. et Usero J. (2008). "Pesticides in ground water beneath Loukkos perimeter." Northwest Morocco. J. Hydrol 348(270-278).

El Gueddari Z. (1998). "L'impact de l'industrie agricole sur l'eauet l'environnement de la region du gharb. Thèse présentée pour répondre aux exigences partielles de la maîtrise en études de l'environnement Faculté des études supérieures et de la recherche." Campus de Moncton, Université de Moncton.

El Kellouti M. (2004). " Modernisation de la gestion de l'irrigation dans le périmètre du Loukkos (Maroc). Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Loukkos, Ksar El Kébir, Maroc Projet INCO-WADEMED." Actes du Séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée Rabat, du 19 au 23 avril 2004.

El Morhit M. (2009). "Hydrochimie, éléments traces métalliques et incidences Ecotoxicologiques sur les différentes composantes d'un écosystème estuarien (Bas Loukkos). ." Thèse Doctorat ès science, Université Mohammed V - Agdal, Rabat. IMIST Series/Report N° Th-571.95/MOR: 33 p.

El Ouilani B. (2011). "Le marché des produits phytopharmaceutiques au Maroc °The market of pesticides in Morocco)." Agriculture du Maghreb 52(78-81).

FAO (1999). "Política y estrategia de la FAO para la cooperación con las organizaciones no gubernamentales y con las otras organizaciones de la sociedad civil." FAO Roma

FAO (2000). "Guidelines for participatory diagnosis of constraints and opportunities for soil and plant nutrient management." AGL-FAO Roma.

FAO (2002). "Créer des partenariats pour parvenir à la sécurité alimentaire FAO." Roma.

Fathi H. (1995). " Résidus de pesticides organochlorés chez des organismes aquatiques en provenance de quatre oueds marocains: Sebou, Bouregreg et Oum-Erabia." Thèse de Doctorat Vétérinaire, Institut Agro-Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.

Fegrouch S. (2008). "Appréciation des niveaux de valorisation économique de l'eau a usage agricole : périmètre irrigue du Loukkos au Maroc." Revue HTE n°141: 42 p.

Ferrand N. (1997). " Modèles multi-agents pour l'aide à la décision et la négociation en aménagement du territoire." Thèse de doctorat en informatique de l'université Joseph Fourier. Grenoble : UJF, juillet 1997.

Fischer M., Scholten, H.J. and Unwin, D.J., (1996). "Spatial analytical perspectives in GIS." London: Taylor & Francis, in press.

Fischer M. M., Scholten H.J et Unwin D. (1996). "Geographic information systems, spatial analysis and spatial modelling." In Fischer M M, Scholten H J, Unwin D (eds) Spatial analytical perspectives on GIS. London, Taylor and Francis.

Fleury A. (1996). "Pour une charte de gestion des espaces naturels péri-urbains." Le Courrier de l'environnement de l'INRA n° 27.

FOCUS (1997). "Soil persistence models and EU registration. The final report of the work of the Soil Modelling Work group of FOCUS."

FOCUS (2003). "Appendix I Steps 1-2 in FOCUS."

Forbes V. E. et Forbes T. L. (1997). "Ecotoxicologie - Théorie et applications." Editions: INRA Paris: 256p.

Fourny M. C. (1995). "Introduction / Introduction. In: Revue de géographie alpine." http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rga_0035-1121_1995_num_83_3_3813

Tome 83 N°3 pp. 9-14.

Frémont A. (1984). "La région, espace vécu." PUF, Paris.

Fung T. C. (2003). "Time step integration algorithms with predetermined coefficients for second order equations. Computers & Structures." Online publication date: 1-Nov-2003. 81:28-29(Read More: http://arc.aiaa.org/doi/abs/10.2514/3.5299?journalCode=aiaaj): pp : 2557-2577.

Gagnon C., Gagnon S. et Luc-Normand T. (2006). "Dynamiques de développement territorial de MRC au Québec et contribution du secteur privé : études de cas comparatives." Rapport synthèse de recherche, CRDT.

GAM (2008). " Dynamique des systèmes parasites-hote, entre termatodes dignes et coque ceaastodermaedule : comparaison de la lagune de Merja Zerga avec le bassin d'Arcachon." Thèse Dr. Université Bordeaux 1: 207p.

Gassiat A., Zahm F. et Harreau A. (2010). "Territoires et acteurs de territoires pour la mise en oeuvre des dispositifs agroenvironnementaux : exemple de la lutte contre la pollution des eaux par les pesticides en Aquitaine " Communication au colloque SFER Pesticides, La réduction des pesticides agricoles enjeux, modalités et conséquences, Lyon, 11-12 Mars 2010: 13 p.

George P. (1963). "Précis de Géographie rurale, L'information géographique, Année 1964." Volume 28, Numéro 1: p. 41 - 4. http://www.persee.fr.

Giard V. (1988). "Gestion de la production." Ed. Economica, Paris.

Gibson J.-R., Ludke J.-L. et Ferguson D.-E. (1969). " Sources of error in the use of fish brain acetylcholonesterase activity as a monitor for pollution." Bull. Environ. Contam. Toxicol 4 : 17.

Girardin P., Bockstaller C. et Van der Werf H. M. G. (1999). "Indicators : Tools to evaluate the environmental impacts of farming systems." Journal of sustainable agriculture 13 : 5-21.

Giraut F. (2008). "Conceptualiser le Territoire », in Dossier Construire les territoires." Historiens et géographes 403: 57p.

Golay F. et Riedo M. (2001). "NTIC et systèmes d'information territoriale in NTIC et territoires. Enjeux territoriaux des nouvelles technologies de l'information et de la communication." L. Vodoz. Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes: 30 p.

Gonin P. et Vaudois J. (1993). "L'agriculture dans les politiques de développement local, in Géographie et campagnes,." ENS Fontenay-Saint-Cloud: p147-159.

Goodchild M. F. (1992). "Geographical information science." International Journal of Geographical Information Systems 6(1): 31-45.

Gouy D., Miquel J., PinteJ. et Hammel V. (1996). "Les prévisions et les simulations de débits en période d'étiage: du modèle au tableau de bord opérationnel." Study report, EDF-AEAG, Toulouse: 16 p.

Gras R., Benoît M., Deffontaines J.-P., Duru M., Lafarge M., Langlet A. et Osty P.-L. (1989). " Le fait technique en agronomie ; Activités agricoles, concepts et méthodes d'étude." Ed. L'Harmattan, Paris: 184 pages.

Graymore M., Stagnitti F. et Allinson G. (2001). "Impacts of atrazine in aquatic ecosystems." Environment International: 13 p.

Griffon M. (2006). "Nourrir La Planète." Ed. Odile Jacob: 456p.

Griffon M. (2007). " "Pour des agricultures écologiquement intensives". ESA Angers. In: Les défis de l'agriculture au XXIe siècle." Leçons inaugurales du Groupe ESA, Angers.

Griffon M. (2010). "Pour des agricultures écologiquement intensives. La Tour d'Aigues." Editions de l'Aube,: 112 p.

Grimshaw R. G., Perry C. J. et Smyle J. W. (1993). "Technical Considerations for Sustainable Agriculture." Asia Technical Department, The World Bank, Washington.

Guasch H., Admiraal W., Blanck H., Ivorra N., Lehmann V., Real M. et Sabater S. (1999). "Use of lotic periphyton communities as indicators of sensitivity to certain toxicants." In: Use of algae for monitoring rivers III, Prygiel, J., Whitton, B.A., Bukowska, J. (eds). Agence de l'Eau Artois-Picardi: p. 245-252.

Guérin-Schneider L., Dionnet M. et Abrami G. (2011). "Comment évaluer les effets de la Modélisation participative dans l'emergence d'une gouvernance territoriale " Conférence les 25-26 octobre 2010 Montpellier OPDE (Outils Pour Décider Ensemble)(http://www.oecd.org/mena/governance/43316384.pdf).

Harbouze R. (2009). "Harbouze R., 2009. Efficacité et efficience économique comparée des systèmes de production dans différentes situations d'accès à la ressource en eau : Application dans le périmètre du Gharb (Maroc) " Série « Master of Science » n° 100.

Hare M. (2003). "A guide to Group Model Building, Seecon." HarmoniCOP Report.

HarmoniCOP (2003). "Learning together to manage together – improving participation." Water management

Hassan R. M. (1998). "Maize Technology Development and Transfer: A GIS Application for Research Planning in Kenya." CABI Publishing/CIMMYT/KARI, Wallingford, United Kingdom.

HCP (2008). "Haut Commissariat au Plan est l'institution marocaine chargée de la production statistique, de planification, de prospective, d'analyse et de prévision.".

Hénin S. (1967). "Les acquisitions techniques en production végétale et leurs applications." Economie Rurale, Paris, SFER: pp 31-44.

Heydel L. (1998). "Diagnostic et maîtrise des contaminations des eaux souterraines par les résidus d'atrazine." Thèse INPL, Vandoeuvre-Les-Nancy: 159 p.

Hileman D. R., Huluka G., Kenjige P. K., Sinha N., Bhattacharya N. C., Biswas P. K., Lewin K. F., Nagy J. et Hendrey G. R. (1994). "Canopy photosynthesis and transpiration of field-grown cotton exposed to free-air CO2 enrichment (FACE) and differential irrigation." Agric. For. Meteorol 70:189-207.

Hipel K., Fang L. et Kilgour D. (2008). "Decision Support Systems in Water Resources and Environmental Management." Journal of Hydrologic Engineering 13 (9):761-770.

Holtzman S. (1989). "Intelligent Decision Systems, Addison Wesley.".

Houdart M. (2005). "Organisation spatiale des activités agricoles et pollution des eaux par les pesticides. Modélisation appliquée au bassin-versant de la Capot, Martinique"." Thèse de géographie, Université des Antilles et de la Guyane: 318p + annexes.

Houdart M., Lassoudière A. et Saudubray F. (2002). "Proposition d'une méthode d'analyse spatiale des pratiques agricoles à l'échelle d'un bassin versant dans un contexte de

pollution des eaux. 38e Annual Meeting Carribean Food Crops Scociety, « Quel devenir pour l'agriculture caribéenne ? Qualité, économie, progrès social, environnement », Trois-Ilets, Martinique." AMADEPA pp: 282-289.

Hovelaque R., Le Malicot K. et Raineli P. (1996). "Gestion des zones humides par les agriculteurs : problème d'évaluation économique." Institut National de la Recherche Agronomique http://www.pleinchamp.com: 8 p.

Idrissi M., Aït Daoud N., Ouammi L., Rhalem N., Soulaymani, A., et Soulaymani-Benchekh R. (2010). " Intoxication aiguë par les pesticides, données du Centre Anti Poison du Maroc. , 4, 5-7." Toxicologie Maroc 4: pp. 5-7.

IFEN (2002). "Les pesticides dans les eaux, bilan des données 2000 et 2001." Rapport technique Etudes et travaux 36, Institut Français de l'Environnement.

IFEN (2004). "Les pesticides dans les eaux, bilan des données 2002." Rapport technique. Etudes et travaux 42, Institut Français de l'Environnement.

IFEN (2006). "Les pesticides dans les eaux, bilan des données 2003 et 2004." Rapport technique. Les dossiers 5, Institut Français de l'Environnement.

IFEN (2007). "Les pesticides dans les eaux : Données 2005." Les dossiers Ifen, 9.

Imache A., Dionnet M., Bouarfa S., Jamin J. Y., Hartani T. et Kuper M. (2009). "Scénariologie participative : une démarche d'apprentissage social pour appréhender l'avenir de l'agriculture irriguée dans la Mitidja (Algérie) " Cah Agric 2009 18: 417-424 (10.1684/agr.2009.0324).

Isenring R. (2010). "Les pesticides et la perte de biodiversite. Comment l'usage intensif des pesticides affecte la faune et la flore sauvage et la diversité des espèces " Pesticides Action Networck Europe. Web: www.pan-europe.info.

Isensee A., Nash R. G. et Helling C. S. (1990). "Effect of no-tillage vs. conventional tillage corn production on the movement of several pesticides to ground water." J. Environ. Qual. (19): 434-440.

Jagers op Akkerhuis G. A. J. M. et Hamers T. H. M. (1992). "Substrate-dependent bioavailability of Deltamethrin for the epigeal spider Oedothorax apicatus (Blackwall) (Aranaea, Erigonidae)." Pesticide Science 36: ISSN 0031-613X - p. 59 - 68.

Janssens J. (2002). "roduits phytopharmaceutiques, malformations congénitales et cancers (infantiles)." Un projet de la Province de Luxembourg et du Centre Universitaire du Limbourg, Louvain, 3590 Diepenbeek.

Joannon A., Souchère V., Martin P. et Papy F. (2006). " Reducing runoff by managing crop location at the catchment level: considering agronomic constraints at farm level." Land Degradation and Development, 17(5) :467-478.

Johnson M. S. (2009). "Public Participation and Perceptions of Watershed Modeling. ." Society and Natural Resources 22:79-87.

Jouve P. (1994). "La lutte contre l'aridité au Maghreb et au Sahel, par l'adaptation des systèmes de production agricole." doc. interne, CIRAD - CNEARC.

Keen P. et Scott M. (1978). "An organizationnal perspective, Decision Support, Systems Addison-Wesley." Publishing Company.

Kladivko E. J., Frankenberger J. R., Jaynes D. B., Meek D. W., Jenkinson B. J. et Fausey N. R., . (2004). "Nitrate Leaching to Subsurface Drains as Mected by Drain Spacing and Changes in Crop Production System." J. Environ. Quality 33:1803-1813.

Klein M. et Tixier V. (1971). "SCARABEE: a data and model bank for financial engineering and research " IFIP congress, North Holland.

Laaribi A. (2000). "SIG et analyse multicritère " Hermes Science Publications, Paris.

Lacroix B. (2004). "Aides aux décisions d'irrigation en grandes cultures. Quelques outils et méthodes." Rencontre Agrometeo INRA, Avignon 14/10/2004.

Lafrance P. et Banton O. (1996). "Evaluation in situ de l'impact de pratiques culturales sur la persistance et l'exportation d'herbicides." Acte du séminaire national « Produits phytosanitaires, processus de transfert et modélisation dans les bassins versants ». Nancy, 22-23 mai 1996. Cemagref. Nancy: p: 227-235.

Lal R. (2000). "Rationale for watershed as a basis for sustainable management of soil and water resources. In Integrated watershed management in the global ecosystem." CRC Press: p: 3-16.

Landais E. et Deffontaines J.-P. (1988). "Les pratiques des agriculteurs ; point de vue sur un courant nouveau de la recherche agronomique." Etudes Rurales janv.-mars 1988 109: 125-158.

Lasserre F. et Brun A. (2007). "La gestion par bassin versant : un outil de résolution des conflits ?" Lex Electronica 12 n°2 (Automne / Fall 2007).

Laurini R. et Thompson D. (1992). "Fundamentals of Spatial Information Systems." Academic Press: 680 p.

Lavigne De ville P., Bouju J. et Le Roy E. (2000). ", Prendre en compte le foncier dans une démarche d'aménagement. Stratégies foncières et bas-fonds au Sahel, GRET, Paris.".

Lavorel S. (2010). "Les services écosystémiques: une passerelle entre sciences de la biodiversité et société ?" Séminaire Développement Durable : Enjeux sociétaux et challenges scientifiques. Grenoble, INRIA, 22 mars 2010.

Lavorel S. et Sarthou J. P. (2008). ""Intérêts de la biodiversité pour les services rendus par les écosystèmes"." in: Le Roux X. et al. Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies. Expertise scientifique collective, INRA.

Le Bars M. (2003). " Un Simulateur Multi-Agent pour l'Aide à la Décision d'un Collectif : Application à la Gestion d'une Ressource Limitée Agro-environnementale." Thèse de doctorat. UNIVERSITÉ PARIS IX-DAUPHINE UFR SCIENCES DES ORGANISATIONS. http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00011210/fr/.

Le Bars M. et Le Grusse P. (2008). "Use of a decision support system and a simulation game to help collective decision-making in water management." computers and electronics in agriculture 62:182-189.

Le Bars M., Le Grusse P. et Albouchi L. (2012). "AquaFej: A simulation game to improve collective water sharing rules: application in Central Tunisia." International Journal of Sustainable Development (IJSD) sous presse.

Le Bars M. et Snoeck D. (2007). "Simulator for technical and economical modelling of farms.

Le Coz J. (1964). ".Le Rharb, Fellahs et colons. Étude de géographie régionale, Les cadres de la nature et de l'histoire." Rabat, Maroc 1: 487 p.

Le Gal P.-Y. (2002). "De nouvelles démarches d'intervention pour améliorer la gestion des périmètres irrigués tropicaux." Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France 88(3) : 73-83.

Le Gal P.-Y., Kuper M., Moulin C.-H., Sraïri M. T. et Rhouma A. (2009). "Linking water saving and productivity to agrofood supply chains: a synthesis from two North African cases." Irrigation and Drainage 58(S3): 320-333. http://dx.doi.org/10.1002/ird.530

Le GO2 J. (1964). "Le Rharb, fellahs et colons." Tome 2: 500 p.

Le Grusse P. (2001). "Du “ Local ” au “ Global ” : les dynamiques agroalimentaires territoriales face au Marché Mondial. Quels instruments d’aide à la décision pour l’élaboration de stratégies Territoriales ? In Options méditerranéennes.".

Le Grusse P., Ayadi H., Mouileh Z., Mandart E., Le Bars M., Rio P., Bouaziz A. et Bord J.-P. (2012). Jeu de simulation pour une gestion concertée de la pollution phytosanitaire au niveau d’un bassin versant agricole : cas de la Merja Zerga au Maroc. 42è congrès du groupe français des pesticides. Poitiers, France.

Le Grusse P., Ayadi H., Mouileh Z., Mandart E., Le Bars M., Rio P., Bouaziz A. et Bord J-P. (2012). "Jeu de simulation pour une gestion concertée de la pollution phytosanitaire au niveau d’un bassin versant agricole : cas de la Merja Zerga au Maroc " Papier presenté dans le 42è congrès du groupe français des pesticides, Poitiers, France, 30 mai, 1 juin 2012.

Le Grusse P., Belhouchette H., Le Bars M., Carmona G. et Attonaty J.-M. (2007). "Participative modelling to help collective decision-making in water allocation and nitrogen pollution "Application to the case of the Aveyron-Lère Basin"." International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology 5 (2-3): 247-271.

Le Grusse P., Belhouchette, H., Le Bars, M., Carmona, G., Attonaty, J-M., (2006). "Participative modelling to help collective decision-making in water allocation and nitrogen pollution "Application to the case of the Aveyron-Lère Basin" " International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology 5 (2-3): 247-271.

Le Moigne J. L. (1984). "La théorie du système général. Théorie de la modélisation." PUF. Paris: 159 p.

Le Moigne J. L. (1987). "Les nouvelles sciences sont bien des sciences." Revue internationale de la Sstmémique n° 3: pp 295-318.

Lecomte O. (1999). "Vehrkânâ and Dehistan:Late farming-communities of South-West Turkmenistan from the Iron Age to the Islamic Period." Parthica vol I: 135-170.

Legay J.-M. (1996). L'expérience et le modèle. Un discours sur la méthode.

Leggett D., Bubb J. C. et Lester J. N. (1995). "The role of pollutants and sedimentary processes in flood defence. A case study: salt marshes of the Essex coast." UK. Environmental Toxicology 16: 457-466.

Leile L. A. (19986). "Contribution à la modélisation des pollutions diffuses agricoles. Études comparative des principaux modèles évaluant l’impact de ces pollutions sur les eaux superficielles." uni. Paris Val-de-Marne ENPC: 51 p. + annexes.

Lévine P. et Pomerol J.-C. (1989). Systèmes interactifs d'aide à la décision et systèmes experts. Paris, Hermès.

Lévine P. et Pomerol J. (1989). "Systèmes interactifs d'aide à la décision et systèmes experts." Edition Hermès.

Levrel H. (2006). "Construire des indicateurs durables à partir d’un savoir issu de multiples pratiques : le cas de la biodiversité " Annales des Mines - Série Gérer & Comprendre 85: 51- 62.

Lévy J. (1999). "Le tournant géographique -Penser l'espace pour lire le monde." Ed. Belin, Paris: 400 p.

Levy J. et Lussault M. (2003). "Dictionnaire de la géographie et de l’espace des sociétés." Paris, Ed. Bellin.

Longley M., Sotherton, N. W., (1997a). "Factors determining the effects of pesticides upon butterflies inhabiting arable farmland." Agric. Ecosyst. Environ 61: 1-12.

Louchart X. (1999). "Transfert de pesticides dans les eaux de surface aux échelles de la parcelle et d'un bassin versant viticole." INRA/ENSAM Laboratoire de science du sol. Montpellier, Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier: 263 p.

M. A. (1989). "Étude des formations du bassin du Rharb (Maroc nord occidental).": 290.

Maguine D. J., Goodchild M. F. et Rhind D. (1991). "Geographical Information Systems: Principales and applications." Harlow, Longman Scientific and Technical.

Malczewski J. (1999). "GIS and Multicriteria Decision Analysis." John Wiley & Sons Inc., New York.Malinowski: pp: 1884- 1942.

Mamy L. et Barriuso E. (2005). "Glyphosate adsorption in soils compared to herbicides replaced with the introduction of glyphosate resistant crops." Chemosphere 61: 844-855.

MAPAQ (2012a). "Programmes. In Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. Programmes de soutien au développement de l'agriculture biologique."

MAPAQ (2012b). "Agroenvironnement – Mesures d'appui. In Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. Éco-conditionnalité, [En ligne]." http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/Agroenvironnement/mesuresappui/ecoconditionnalite/Pages/ecoconditionnalite.aspx

Maxime F., Mollet J.-M. et Papy F. (1995). "Aide au raisonnement de l'assolement en grande culture." Cahiers Agricultures 4 (5): p: 351-362.

Mayer I. et De Jong M. (2004). "Combining GDSS and gaming for decision support Group Decision and Negotiation." 13: 223-241.

Maynard J. M. et David G. (1992). "Diagnostic sur l'élaboration du rendement des cultures." Cahiers Agriculture 1: 9-19.

Mbetid-Bessane E., Havard M., Nana D. P., Djonnewa A., Djondang K. et Leroy J. (2002). "Typologies des exploitations agricoles dans les savanes d'Afrique centrale. Un regard sur les méthodes utilisées et leur utilité pour la recherche et le développement." Actes du colloque, 27-31 mai 2002, Garoua, Cameroun.

McCown R. L. (2002). "Locating agricultural Decision Support Systems in the problematic history and socio-technical complexity of 'models for management'." Agricultural Systems 74: 11-25.

Mehdaoui O., Venant A. et Fekhaoui M. (2000). "Contamination par les pesticides organochlorés et les nitrates de la lagune de Moulay Bouselham, Maroc." Cahiers d'études et de recherches francophones / Santé 10: 381-8.

Mendoza G. A. et Prabhu R. (2005). "Combining participatory modeling and multi-criteria analysis for community-based forest management." Forest Ecology and Management 207: 145-156.

Merchant M. E. (1994). "Imidacloprid: A promising new insecticide for control of white grubs, Phyllophaga crinita and Cyclocephala lurida." Texas Agricul. Experiment Stn. Prog. Rpt. 5127.

Mermet L. (1998). "L'Analyse stratégique de la gestion environnementale, illustrée par les tribulations d'un noyau de population relictuel d'ours bruns (Ursus Arctos) dans les Pyrénées occidentales françaises." Engref/RGTE.

Meybeck M. (1995). "Global lake distribution." In : A. Lerman, D. Imboden, J. Gat (eds) Physics and Chemistry of Lakes. Springer-Verlag: 1-35.

Micouleau-Sicault M. C. (2000). ". Les médecins français au Maroc, (1912-1956): combats en urgence." Editions L'Harmattan- Medical care: 172 p.

Mignolet M. et Guiot S. (1995). "Politiques régionales et coût du capital : un outil d'évaluation, Région et développement économique " n° 1: p. 91-121.

Millennium Ecosystem Assessment (2005). "Ecosystems and Human Well-being: Synthesis." Island Press, Washington DC: 151 p.

Milleville P. (1987). "Recherches sur les pratiques des agriculteurs." Cahiers de la Recherche-Développement 16(3-7. Ministère de l'Agriculture, 2010).

Mitchell G., May A. et McDonald A. (1995). "PICABEU: a methodological framework for the development of indicators of sustainable development." International Journal of Sustainable Development and World Ecology 2: 104-123.

Mollard A. (2003). "Multifonctionnalité de l'agriculture et territoires : des concepts aux politiques." Cahiers d'économie et sociologie rurales 66.

Moore A. et Waring C. (1998). "Mechanistic effects of a triazine pesticide on reproductive endocrine function in mature male atlantic salmon (Salmo salar L. parr)." Pesticide Biochemistry and Physiology 62, no 1: pp. 41-51.

Moore, J. H. and M. G. Chang (1980). "Design of Decision Suport Systems." Data Base 12(1 et 2).

Moriarty R. T. (1983). "Industrial Buying Behavior. Lexington, Mass.: Lexington Books.".

Mount D. et Putnicki G. J. (1966). "Summary report of the 1963 Mississippi fish kill." North Am Wildl Nat Res Conf Trans 31: 177-184.

Mullon C. et Boursier P. (1992). "Éléments pour une analyse critique des systèmes d'information géographique." revue SIGA, SORSTO M n°2: pp. 152 - 172.

NAIS (2004). "Pesticides Rik Indicators for Heath and Environment." Norway: 12 p.

NAIS (2000). "Pesticides Rik Indicators for Heath and Environment." Norway: 24 p.

Neumann K., Butler A. et Kahlheber S. (2003). "Food, Fuel and Fields. Progress in African Archaeobotany. . ." Africa Praehistorica 15. Köln (Heinrich-Barth-Institut).

Nouzille V. (2006). "L'usage des pesticides augmente le risque de cancer du sein." Pesticides.

Novotny V. et Chesters G. (1981). "Handbook of nonpoint pollution: Sources and management." Van Nostrand Reinhold Publishing Co., New York, N.Y., USA.

Obermeyer N. J. et Pinto J. K. (1994). "Managing Geographic Information Systems." New York: Guildford Press.

OCDE (1993). "L'intégration des politiques de l'agriculture et de l'environnement." Paris : Le Cavalier bleu,: 114 p.

OCDE (1998). "Series on testing assessment number 10: Report of the OECD worshop on statistical analysis of aquatic toxicity data. OCDE (Organisation de coopération et de développement économique)." ENV/MC/CHEM, Paris 18.

OCDE (2000). "Series on Testing and Assessment of Chemicals." Guidance Document 22.

Okacha L. (2005). "Contribution à l'analyse de l'efficience technico-économique et de la productivité globale des facteurs des exploitations agricoles." Mémoire de fin d'étude, IAV Hassan II, 2005 p. 41-44.

ONEM (2005). Rapport de l'état de l'environnement du Maroc: 292.

ORMVAG (2007). Controle de l'impact des engrais et des pesticides sur l'environnement du bassin du Sebou SCET-Maroc. HTE. 138: 30.

ORMVAG (2008). "Inventaire des équipements hydro-agricole." Rapport interne: 10 p.

ORMVAG (2010,). "Eude de la faisabilité de l'aménagement hydro-agricole de la zone cotière de la troisième tranche d'irrigation du Gharb. Mission 1 : Diagnostic de la situation actuelle, 2010 " Doc n°1367 -S1231 -10 cMarché n° 53/2009/DAM Edition définitive : décembre, 2010 Maroc.

ORMVAG (2011). "Monographie des exploiattions agricoles." Rapport interne.

Ouardi (2006). "Méthodes alternatives aux pesticides " DPVCTRF - Atelier d'information et de sensibilisation des ONG - Rabat 13 juin 2006 - organisé par l'association Ribat Al Fath.

Pahl-Wostl C. (2002). "Towards sustainability in the water sector: the importance of human actors and processes of social learning." Aquatic Sciences 64: 394-411.

Paillotin G. (2008). "Rapport final du Président du comité opérationnel « Ecophyto 2018»." Chantier 15 « Agriculture écologique et productive », 17 juin 2008.

Pallix G. et Tabet A. (1973). "Drainage d'une plaine basse côtière sur sols lourds : le Gharb." Homme, Terres et Eaux 7: p: 33-39.

PAN Europe et MDRGF (2008). " Pesticides Action Network Europe (PAN Europe), Mouvement pour le Droit et le Respect des Générations Futures (MDRGF): ETUDE VIN PAN-EUROPE « Message dans une bouteille » Etude sur la présence de résidus de pesticides dans le vin.".

Papy F., Attonaty J. M., Laporte C. et Soler L. G. (1988). "Work organization simulation as a basis for farm management advice." Agricultural Systems 27: pp. 295-314.

Papy L. (2001). "Interdépendance des systèmes de culture dans l'exploitation agricole. In : Malézieux E, Trébuil G, Jaeger M, eds. Modélisation des agro-écosystèmes et aide à la décision." Collection Repères. Paris : Montpellier : Éditions Cirad-Inra.

Paterson A.H., DeVerna J., Lanini B. et Tanksley S.D. (1990). "Fine mapping of quantitative trait loci using selected overlapping recombinant chromosomes, from an interspecies cross of tomato." Genetics 124: p: 735-742.

Perrot C. et Landais E. (1993). "Exploitations agricoles : pourquoi poursuivre sur la recherche sur les méthodes typologiques ? ." Les Cahiers de la Recherche Développement 33: 13-23.

Petit M. (1982). "Théorie de la décision et comportement adaptatif des agriculteurs" Formation des agriculteurs et apprentissage de la décision." Actes de la journée du 21 janvier 1981, ENSSAA-INRA,: pp. 1-36.

Pingault N., Pleyber E., Champeaux C., Guichard L. et Omon B. (2009). "Produits phytosanitaires et protection intégrée des cultures : l'indicateur de fréquence de traitement(IFT)." Notes et études socio-économiques (NESE) 32: p: 61-94.

Poulle F. et Gorgeu Y. (1997). "Essai sur l'urbanité rurale : cinq territoires ruraux, leurs serments et leurs modes de gouvernements." Éditions Syros, Paris.

Pretty J. N. (1994). "Alternative systems of inquiry for sustainable agriculture " IDS Bulletin 25(2): p: 37-48.

Provost D et al. 2007, Brain tumours and exposure to pesticides: a case-control study in southwester.

Qninba A., Benhoussa A., El Agbani M-A., Dakki M. et Thevenot M. (2006). "Etude phénologique et variabilité interannuelle d'abondance des Charadriidés (Aves, Charadrii) dans un site Ramsar du Maroc : la Merja Zerga." Bulletin de l'Institut Scientifique, section Sciences de la Vie, 2006 28: p: 35-47.

Rabelais F. (1995). "Le Tiers Livre, Livre de poche, Bibliothèque classique " Sylvie Lardon, Vincent Piveteau et Laurent Lelli, « Le diagnostic des territoires », Géocarrefour [En ligne] vol. 80/2(URL : http://geocarrefour.revues.org/979): mis en ligne le 13 mars 2008.

Ramade F. (2005). "Éléments d'Écologie – Écologie appliquée." DUNOD, Paris 6.

Regnault-Roger C. (2005). "Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement." Lavoisier, Paris: 1013 p.

Renard J. P. et Picouet P. (1993). "Frontières et territoires, Documentation photographique, La Documentation française" n°7013.

Réseau d'Avertissements Phytosanitaires R. (2009). "Protégeons les abeilles des pesticides. Bulletin d'information." Ordre Géreral N°02- 12 juin 2009 : htt://.agrireseau.qc.ca/rap.

RGHPH et Direction de la Statistique (2009). "Annuaire Statistique du Maroc."

Rovillé M. et Lavelle P. (2005). "Des outils à notre échelle, Les ouvriers du sol et les pratiques agricoles de conservation." Colloque en agroenvironnement 23 février 2005 Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec

Roy B. (2000). "Réflexions sur le thème : quête de l'optimum et aide à la décision " Cahier du Lamsade, Université Paris-Dauphine, 167: 21 p.

Russel S. (1999). "Rationality and Intelligence" Foundations of rational agency, Applied logic series, Wooldridge M. and Rao A." Kluwer Academics Publishers Vol. 14: p: 11-33.

Sack R. D. (1997). "Homo Geographicus: A Framework for Action, Awareness, and Moral Concern, Baltimore." Johns Hopkins University Press.

Salter E. (1999). "Chemical Trespass, a toxic Legacy." WWF-UK. (http://www.wwf.org.uk/filelibrary/pdf/chem4.pdf).

Samuel O., Dion S., , ST-Laurent L. et April M.-H. (2007). " Indicateur de risque des pesticides du Québec-IRPeQ-Santé et Environnement Québec." Ministère de l'Agriculture, des pêcheries et de l'Alimentation/ Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs/ Institut National de Santé Publique du Québec: 44 p [http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/602-IndicateurDeRisqueDesPesticides.pdf].

Schulz O. et De Jong C. (2004). "Snowmelt and sublimation: field experiments and modelling in the High Atlas Mountains of Morocco." Hydrology and Earth System Sciences 8(6): pp. 1076-1089.

Scott Morton M. S. (1971). Management Decision Systems: Computer-based Support for Decision Making. MA: Division of Research, Graduate School of Business Administration. Boston: Harvard.

Sebillotte M. (1974). "Agronomie et agriculture, analyse des tâches de l'agronomie." Cahiers. ORSTOM, série biologie, 24: p: 3-25.

Sebillotte M. (1978). "Itinéraire techniques et évolution de la pensée agronomique." C.R. Acad. Agric. Fr. 64: p: 906-914.

Sebillotte M. et Soler L.G. (1990). "Les processus de décision des agriculteurs. Acquis et questions vives. In Modélisation systémique et systèmes agraires, Brossier J., Vissac B. et Lemoigne J.L. ." (Eds), Inra Paris: p: 103-117.

Simon H. A. (1982). "From substantive to procedural rationality, 1976. ln: HA Simon, ed, Models of Bounded Rationality." MIT Press, Cambridge Mass Vol. 2: p 424-443.

Simon H. E. (1976). "Administrative Behavior." New York, Free Press.

Snellen J. E. et Murray S. L. (1991). "Computers in Instructional Simulation: A Report on the Research and Development of Instructional Simulation." Washington: U.S. Department of Educa-tion, Office of Educational Research and Development.

Solbe J. F., Cooper V. A., Willis C. A. et Mallett M. J. (1985). "Effects of pollutants in fresh water on european nonsalmonid fish. I. Non-metals." J Fish Biol. 27: pp. 197-207.

Soulard C. T. (1999). " Les agriculteurs et la pollution des eaux. Proposition d'une géographie des pratiques." Thèse de Géographie, Panthéon Sorbonne: 424 p.

Soulard C. T., Morlon P. et Chevignard N. (2002). "Le schéma d'organisation territoriale de l'exploitation agricole ; Un outil dans l'étude des relations agriculture-environnement." Entretiens du Pradel: Agronomes et territoires, Communication aux journées Olivier de Serres: 15 p.

Southwick E. E., Southwick, L., (1992.). "Estimating the economic value of honey bees (Hymenoptera: Apidae) as agricultural pollinators in the United States." Journal of Economic Entomology vol. 85, n° 3: p. 621-633.

Spikkerud E. (2002). "Pesticides aquatic risk indicators : testing the OECD indicators REXTOX, ADSCOR and SYSCOR and the Norwegian aquatic risk indicator with estimates of use data from Norway." In http://www.oecd.org/dataoecd/6/17/2752913.pdf.

Stabell C. B. (1988). "Toward a Theory of Decision Support." Decision Support Systems: 160-170.

Taky A. (2008). " Maitrise des excès d'eau hivernaux et de l'irrigation et leurs conséquences sur la productivité de la betterave sucrière dans le périmètre irrigue du Gharb (Maroc). Analyse expérimentale et modélisation." Thèse de doctorat, AgroParisTech (12/12/2008), http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00397822.

Théobald O. (2001). "Les outils de diagnostic environnemental utilisables en agriculture." ADEME: 4 p.

Thériault M. (1996). "SIG : concepts fondamentaux. Québec, Département de Géographie,Université Laval (Série « Notes de cours »."

Thériault M., Claramunt C., Seguin A. M. et Villeneuve P. (2002). "Temporal GIS and statistical modelling of personal lifelines." Spatial Data Handling Symposium, Ottawa.

Tortrat F. (2005). "Modélisation orienté décision des processus de transfert par ruissellement et subsurface des herbicides dans les bassins versants agricoles." Thèse de doctorat Agrocampus Rennes.

Trevisan M., Errera G., Capri E., Padovani L. et A.A.M. Del Re. (1999). "Environmental potential risk indicator for pesticides, in: Comparing environmental risk indicators for pesticides. Results of the European CAPER project." Centre for Agriculture and Environment, Utrecht: p: 141-148.

Tucker G. M. et Heath M. F. (1994). "Birds in Europe: their conservation status." Conservation Series no. 3. BirdLife International, Cambridge.

Turban E. (1993). "Decision Support and Expert Systems." New York, Macmillan.

Turpin N., Bouraoui F. et Tranvoiz M. (1999). "Pratiques agricoles et qualité de l'eau dans un petit bassin d'élevage intensif -Une expérience pilote réalisée dans le cadre du contrat de baie " Rade de Brest "." Ingénieries EAT 19: p: 19-30.

UIPP: Union des Industries de la Protection des Plantes (2010). "L'utilité de la protection des plantes. Décembre 2010."

USEPA (2002). "Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater organisms." Fourth edition. US Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC. EPA-821-R-02-013.

Vaillant M., Jouany J. M. et Devillers J. (1995). "A multicriteria estimation of the environmental risk of chemicals with the SIRIS method." Toxicology modeling 1, (1): p: 57-72.

Valcke M., Gosselin N. H., Belleville D. et Vézina A. (2005). "Évaluation du risque toxicologique associé à l'utilisation d'adulticides dans le cadre d'un programme de lutte vectorielle contre la transmission du virus du Nil occidental. Mise à jour de

nouvelles données et approche raffinée d'évaluation – Rapport sectoriel 8. Rapport réalisé dans le cadre de l'étude d'impact stratégique du Plan d'intervention gouvernemental de protection de la santé publique contre le virus du Nil occidental " Institut national de santé publique du Québec: 168 p.

Vallin P. (2010). "L'agriculture écologiquement intensive, un enfant du Grenelle de l'environnement. Eléments de recherche : MAÏSADOUR ou MAÏSADOUR SEMENCES : coopérative agricole. ." Article de journal : Hebdomadaire Paris 09 novembre 2010.

Van Der Werf H. et Zimmer C. (1998). "An Indicator of pesticide environmental impact based on a fuzzy expert system." Chemosphere (36)10: p: 2225-2249.

Van Der Werf H. (1996). "Assessing the impact of the pesticides on the environnement." Agriculture, Ecosystems and Environment 60: 81-96.

Van der Werf H. M. G. (1996). "Assessing the impact on the environment." Ecosystems and Environment 60: p: 81-96.

Verdisson S. et Audràn J.-C. (1999). "Ecotoxicité comparée de trois fongicides antibotrytiques : le fludioxonil, la procymidone et le pyriméthanil. Recherche d'une solution alternative à leur emploi par la création de vignes." Université de Reims, Reims, FRANCE No : 99 REIM S026.

Vidal-Naquet N. (2008). "« Le mythe du "bon air de la campagne qui requinque" ou considérations à propos d'une étude du CORPEN sur "Les produits phytosanitaires dans l'air" : "Un traitement contre le virus associé au CCD" annonce avoir trouvé un laboratoire israelo-américain ». Le blog vétérinaire consacré à l'apiculture et la pathologie apicole." (http://www.typepad.com/services/trackback/6a00d83455b58069e2010534b25f5e970b).

Vidal de la Blache P. (1922). "« Principes de Géographie humaine »." (publiés d'après les manuscrits de l'auteur par E. de Martonne, 1995), A. Colin, Paris.

Voiron C. et Chéry J. P. (2005). "Espace géographique, spatialisation et modélisation en Dynamique des Systèmes " 6ème Congrès Européen de Science des Systèmes. Septembre 2005.

Wangberg S.-A. (1995). "Effects of arsenate and copper on the algal communities in polluted lakes in the northem parts of Sweden assayed by PICT (Pollution-lnduced Community Tolérance)." Hydrobiologia 306: 109-124.

Wohlfahrt J. (2008). " Développement d'un indicateur d'exposition des eaux de surface aux pertes de pesticides à l'échelle du bassin versant." Thèse de doctorat. Université Paris Ix-Dauphine UFR Sciences Des Organisations(http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00011210/fr/).

Young M. D. (1991). "Towards sustainable agricultural development." OCDE. Belhaven Press, London: 346 p.

Zahm F. (2003). "Méthodes de diagnostic des exploitations agricoles et indicateurs panorama et cas particuliers appliqués à l'évaluation des pratiques phytosanitaires." Ingénieries EAT 33: pp.13-34.

Zahm F. et Gassiat A. (2009). "Les indicateurs d'évaluation des mesures agro-environnementales : retour d'expérience et conséquences du nouveau cadre communautaire " Colloque 9ème journées Françaises de l'évaluation, SFE, Marseille, : 14 p.

Zahm F., Vernier F., Saudubray F., Peyrey C., Petit K., Bockstaller C., Girardin P., Hubert A. et Da Costa J. P. (2007). "Evaluation des modules « eaux de surface » de quatre indicateurs phytosanitaires (ADSCOR, EIQ, EPRIP, I-PHY) en bassin viticole : premiers résultats issus d'un test appliqué aux pratiques phytosanitaires du bassin du Ruiné (Charente)."

Zekri S. et Boughanmi H. (2007). "Modeling the interactions between agriculture and the environment. In Weintraub, A.,Romero, C., Bjrndal, T., Epstein, R. (eds) Handbook of Operations Research in Natural Resources." Springer, New York: pp. 69-91.

Zhang W., Ricketts T. H., Kremen C., Carney K. et Swinton S. M. (2007). "Ecosystem services and dis-services to agriculture." Ecological Economics n° 64: pp. 253-260.

Zimmermann M. (1904). "Vidal de la Blache Paul, Friedrich Ratzel. In: Annales de Géographie. 1904, t. 13, n°72. pp. 466-467.doi : 10.3406/geo.1904.6530 http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/geo_0003-4010_1904_num_13_72_6530

LISTE DES ABREVIATIONS

ABH : Agence de Bassin Hydraulique
ACTA : Association de Coordination Technique Agricole
ADA : Agence de Développement Agricole
CAPM : Centre Anti Poison et de Pharmacovigilance du Maroc
CDA : Centre de Développement Agricole
CPUA : Commission des Pesticides à Usages Agricoles
DGS : Direction Générale de la Santé
FAO : Food and Agriculture Organization
IAP : Intoxication Aigue par les Pesticides
IFT : Indicateur de Fréquence de Traitement
IFTH : Indicateur de Fréquence de Traitement Herbicide
IFTHH : Indicateur de Fréquence de Traitement Hors Herbicide
ITK : Itinéraire technique
INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
INRA : Institut National de la Recherche Agronomique
IRT : Indice de Risque de Toxicité
IRSA : Indicateur de Risque sur la Santé de l'Applicateur
IRTE : Indicateur de Risque de Toxicité Environnementale
LNE : Laboratoire National de Métrologie et des Essais
MAPM : Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime
NAIS : Norwegian Agricultural Insperation Service
ONSSA : Office National de la Santé et la Sécurité Alimentaire
ORMVAG : Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Gharb
ORMVAL : Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Loukos
SAU : Superficie Agricole Utile
SIAD : Système Interactif d'Aide à la Décision
TRam : Toxicité en zone Ramsar
NAIS : Norwegian Agricultural Insperation Service

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Données requises pour la caractérisation du territoire de la Merja Zerga aux différentes échelles retenues pour l'analyse 64
Tableau 2. Structure des exploitations au niveau de la Région du Gharb-Chrarda-Bni-Hssen 66
Tableau 3. Synthèse thématique des questionnaires semi-directs 67
Tableau 4. Synthèse thématique des questionnaires ouverts lors des Entretiens ouverts 69
Tableau 5. Facteur de pondération lié au type de formulation FPf 73
Tableau 6. Facteur de pondération lié à la dose appliquée 73
Tableau 7. Ratios Toxicité/Exposition de références définies réglementairement dans la directive d'homologation des produits 75
Tableau 8. Facteur d'ajustement lié à la technique et/ou le lieu (FPa) 78
Tableau 9. Classes de pentes de terres agricoles du territoire de la Merja Zerga 79
Tableau 10. Classes de textures de terres agricoles du territoire de la Merja Zerga 79
Tableau 11. Exemple d'abaques de prix de vente des produits agricoles suivant la production 97
Tableau 12. Récapitulatif des Scénarii du jeu SimPhy au niveau du territoire de la Merja Zerga 100
Tableau 13. Superficies des micro-bassins du réseau hydrographique 118
Tableau 14. Résultats des analyses des organochlorés relevés dans les eaux souterraines de la nappe du Gharb 121
Tableau 15. Nomination locale des sols de la région du Gharb-Chrarda-Bni-Hssen 124
Tableau 16. Évolution du risque de contamination des eaux par les pesticides 125
Tableau 17 : Précipitations annuelles moyennes, maximales et minimales 126
Tableau 18. Températures moyennes mensuelles et annuelles sur la période 1973-2009 127
Tableau 19. Pourcentage de perte par volatilisation de pesticide 129
Tableau 20. Répartition des types d'occupation du sol du bassin versant de la Merja Zerga 130
Tableau 21. Entités administratives de la Région du Gharb-Chrarda-Bni-Hssen selon le découpage administratif de 2009 131
Tableau 22. Nombre d'habitants par commune rurale 132
Tableau 23.Taux d'analphabétisme (%) chez la population âgée de 10 ans et plus selon l'âge et le milieu de résidence 134
Tableau 24. Évolution du taux d'analphabétisme (%) selon le milieu de résidence 134
Tableau 25. Taux de pauvreté au niveau des communes rurales du bassin versant de la Merja Zerga 135
Tableau 26. Structure de l'emploi régional selon le secteur et le milieu de résidence 136
Tableau 27. Portion du CDA appartenant au bassin versant de la Merja Zerga 142

Tableau 28. Répartition des exploitations par classe de SAU au niveau du bassin versant sur la portion géré par le CDA de Mnasra 143

Tableau 29. Répartition des exploitations par classe de SAU au niveau du bassin versant sur la portion géré par le CDA Sidi Mohamed Lahmar 237 143

Tableau 30. Répartition des exploitations par classe de SAU au niveau du bassin versant sur la portion géré par CDA de Hraid 233 143

Tableau 31. Répartition des exploitations par classe de SAU au niveau du bassin versant sur la portion géré par le CDA de Souck Tlet 238 144

Tableau 32. Répartition des exploitations par classe de SAU au niveau du bassin versant sur la portion géré par le CDA de Souk Larbaâ 225 144

Tableau 33. Répartition des exploitations par classe de SAU au niveau du bassin versant sur la portion géré par le CDA de Lalla Mimouna 145

Tableau 34. Effectif des exploitations enquêtées en fonction de la taille de la SAU 150

Tableau 35. Répartition des statuts fonciers au niveau des CDA du bassin versant de la Merja Zerga 151

Tableau 36. Statut foncier et mode de faire-valoir par rapport à l'effectif enquêté 152

Tableau 37 . Principales spéculations des exploitations spécialisées et leurs SAU 153

Tableau 38. Assolement de l'exploitation n° 26 (< 5ha) pour la campagne agricole 2011/2012 155

Tableau 39. Assolement de l'exploitation n° 56 (> 10 ha) pour la campagne agricole 2011/2012 155

Tableau 40. Exploitations agricoles types retenues pour caractériser la situation initiale du modèle MerjaPhytos (Situation initiale du modèle de Jeu SimPhy) : Systèmes de production végétale et leurs effectifs à l'échelle du bassin versant de la Merja Zerga 165

Tableau 41. Territoires et outils d'analyse des pratiques phytosanitaires 170

Tableau 42. Rentabilité de la betterave à sucre suivant le type d'ITK 172

Tableau 43. Rentabilité de la canne à sucre suivant le type d'ITK 173

Tableau 44. Rentabilité de la culture du blé tendre 174

Tableau 45. Rentabilité de la culture du Riz 175

Tableau 46. Rentabilité de la culture du bersim 176

Tableau 47. Rentabilité des cultures maraichères suivant le type d'ITK de l'agriculteur 179

Tableau 48. Rendements, marges brute et coûts des phytosanitaires suivant les ITK-types du bananier et les fruits rouges 181

Tableau 49. Rendements marge brute et coût des phytosanitaires de la culture du tournesol 182

Tableau 50. Rendements, marge brute et coût des phytosanitaires des légumineuses 183

Tableau 51. Rendements, marge brute et coût des phytosanitaires de l'arboriculture fruitière 184

Tableau 52. Fiche économique de la menthe 184

Tableau 53. Protection de l'agriculteur contre les phytosanitaires 186

Tableau 54. Non-respect de la dose homologuée par certains agriculteurs : cas de la préparation commerciale ACTARA..... 187

Tableau 55. Pratiques phytosanitaires des agriculteurs du territoire de la Merja Zerga 188

Tableau 56.Gestion des emballages vides des produits phytosanitaires 189

Tableau 57. Stratégie de gestion des produits phytosanitaires par les agriculteurs 190

Tableau 58. Traitement de la culture du melon par une dose inférieure à la dose homologuée 192

Tableau 59. Avis des agriculteurs concernant un projet de réduction de l'usage des pesticides 192

Tableau 60. Quantités de produits phytosanitaires appliquées au niveau des SAU des six CDA du bassin versant de la Merja Zerga ((Modèle MerjaPhytos : Situation initiale Jeu SimPhy) 195

Tableau 61. Quantités de pesticides par micro-bassin par zone morphologique 197

Tableau 62. Valorisation économique de la toxicité par les différentes cultures..... 205

Tableau 63. Valorisation de la toxicité humaine (Marge/Utox_IRSA) et environnementale (Marge/Utox_IRTE) par les différents systèmes de cultures 207

Tableau 64. Valorisation de la toxicité humaine (Marge/Utox_IRSA) et environnementale (Marge/Utox_IRTE) par Les deux groupes d'agriculteurs pratiquant le système de culture Céréales_Oléagineux_ Maraichage..... 208

Tableau 65. Variation de l'utilisation de l'Actara suivant les stratégies des agriculteurs 208

Tableau 66. Contribution du système de production Maraichage_Grandes cultures et Céréales_Oléagineux_Faible maraichage à la marge brute globale et à la pollution phytosanitaire diffuse. 220

Tableau 67. Variation des marges brutes des différents systèmes de cultures du bassin versant de la Merja Zerga suivants les scénarios testés. 223

Tableau 68. Indicateurs (Marge, IFT, IRSA et IRTE) de la stratégie de gestion du groupe des producteurs du système de production végétale céréales-oléagineux-cultures sucrières (CDA de Souck Larbâa)..... 224

Tableau 69. Évolution des assolements au niveau du bassin versant sous contraintes règlementaires. 224

Tableau 70. Évolution des plantations de la canne à sucre au niveau de la zone de Souck Tlet et Hraid..... 230

Tableau 71. Coordonnées géographiques des exutoires critiques au niveau du territoire de la Merja Zerga 241

Tableau 72. Table des prix suivant la production en tonne..... 296

Tableau 73. Assolement potentiel de l'exploitation Mnasra_G1 dont SAU inférieure à cinq hectare (< 5ha)..... 297

Tableau 74. Assolement potentiel de l'exploitation Mnasra_G2 dont SAU supérieure à cinq hectare (> 5ha)..... 298

Tableau 75. Assolement potentiel de l'exploitation Sidi Mohamed Lahmar _G1dont SAU inférieure à cinq hectare (< 5ha) 299

Tableau 76. Assolement potentiel de l'exploitation Sidi Mohamed Lahmar _G2 dont SAU supérieure à cinq hectare (>5ha) 300

Tableau 77. Assolement potentiel de l'exploitation Souck Etletk_G1dont SAU inférieure à cinq hectare (< 5ha) 301

Tableau 78. Assolement potentiel de l'exploitation Souck Etletk_G2 dont SAU supérieure à cinq hectare (> 5ha) 302

Tableau 79. Assolement potentiel de l'exploitation Souck Larbâa_G1dont SAU inférieure à cinq hectare (< 5ha) 303

Tableau 80. Assolement potentiel de l'exploitation Souck Larbâa_G2 dont SAU inférieure à cinq hectare (< 5ha) 303

Tableau 81. ITK à bas intrant représentatif de la culture de Betterave à sucre au niveau du bassin versant 304

Tableau 82. . ITK à fort intrant représentatif de la culture de Betterave à sucre au niveau du bassin versant 304

*Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012*Tableau 83. ITK à bas intrant représentatif de la culture de la canne à sucre au niveau du bassin versant 304

Tableau 84. ITK à fort intrant représentatif de la culture de la canne à sucre au niveau du bassin versant 305

Tableau 85. ITK à moyen intrant représentatif de la culture de la canne à sucre au niveau du bassin versant 306

Tableau 86. ITK à bas intrat représentatifs de la conduite technique de la culture du Blé tendre 306

Tableau 87. ITK à moyen intrat représentatifs de la conduite technique de la culture du Blé tendre 307

Tableau 88. ITK à fort intrat représentatifs de la conduite technique de la culture du Blé tendre 307

Tableau 89. ITK à fort intrant de la culture du riz 2 au niveau du secteur C riz et C4 de la zone d'action de ORMVAG 308

Tableau 90. ITK à bas intrant de conduite du bersim au niveau du bassin versant 308

Tableau 91. ITK à moyen intrant de conduite du bersim au niveau du bassin versant 308

Tableau 92. ITK à fort intrant de conduite du bersim au niveau du bassin versant 309

Tableau 93. ITK à bas intrant de conduite de la tomate 15 au niveau du bassin versant 309

Tableau 94. ITK à moyen intrant représentatif de conduite de la tomate 23 au niveau du bassin versant 310

Tableau 95. ITK à fort intrant de conduite de la tomate 29 au niveau du bassin versant 310

Tableau 96. ITK à bas intrant de conduite du poivron 26 au niveau du bassin versant 311

Tableau 97. . ITK à fort intrant de conduite du poivron 26 au niveau du bassin versant 311

Tableau 98. ITK à fort intrant de conduite de la salade verte au niveau du bassin versant ... 312

Tableau 99. ITK représentatif à moyen intrant de la culture du Melon au niveau du bassin versant 313

Tableau 100. ITK représentatif à fort intrant de la culture du Melon au niveau du bassin versant 314
Tableau 101. ITK représentatif à bas intrant de la culture du Melon au niveau du bassin versant 314
Tableau 102. ITK représentatif à bas intrant de la culture de l'aubergine au niveau du bassin versant 315
Tableau 103. ITK représentatif à moyen intrant de la culture de l'aubergine au niveau du bassin versant 315
Tableau 104. ITK représentatif à moyen intrant de la culture de la pomme de terre au niveau du bassin 316
Tableau 105. ITK représentatif à fort intrant de la culture de la pomme de terre au niveau du bassin versant 317
Tableau 106. ITK représentatif de la culture de la pastèque au niveau du bassin versant 317
Tableau 107. ITK à bas intrant représentatif de conduite du bananier au niveau du bassin versant 318
Tableau 108. ITK à moyen intrant représentatif de conduite du bananier au niveau du bassin versant 318
Tableau 109. ITK à fort intrant représentatif de conduite du bananier au niveau du bassin versant 319
Tableau 110. ITK à bas intrant représentatif de conduite du fraiser au niveau du bassin versant 319
Tableau 111. ITK à bas intrant représentatif de conduite du fraiser au niveau du bassin versant 320
Tableau 112. ITK à fort intrant représentatif de conduite du fraiser au niveau du bassin versant 320
Tableau 113. ITK à fort intrant représentatif de conduite du tournesol au niveau du bassin versant 321
Tableau 114 ITK à moyen intrant représentatif de conduite du tournesol au niveau du bassin versant 321
Tableau 115. ITK à bas intrant représentatif de conduite de l'arachide au niveau du bassin versant 322
Tableau 116. ITK à bas intrant représentatif de conduite du pois chiche au niveau du bassin versant 322
Tableau 117. ITK à moyen intrant représentatif de conduite du pois chiche au niveau du bassin versant 323
Tableau 118. ITK à moyen intrant représentatif de conduite du Haricot sec au niveau du bassin versant 323
Tableau 119. ITK à bas intrant représentatif de conduite du Haricot sec au niveau du bassin versant 324
Tableau 120. ITK à bas intrant représentatif de conduite du Haricot vert au niveau du bassin versant 324

Tableau 121. ITK à bas intrant de l'oranger au niveau du bassin versant 325
Tableau 122. ITK à fort intrant de l'oranger au niveau du bassin versant 326
Tableau 123. ITK à moyen intrant de l'avocatier au niveau du bassin versant 326
Tableau 124. ITK à bas intrant de l'avocatier au niveau du bassin versant 327
Tableau 125. ITK à bas intrant de la culture de la menthe au niveau du bassin versant..... 327
Tableau 126. Différents insecticides utilisés au niveau des exploitations enquêtées (sources notre Travail) 332
Tableau 127. Caractéristiques des fongicides utilisés au niveau des exploitations enquêtées. 335
Tableau 128. Herbicides utilisés sur les cultures du bassin versant de la Merja Zerga 338
Tableau 129. Indice de risque des matières actives (IRT) utilisées au niveau du territoire de la Merja Zerga 339

LISTES DES FIGURES

Figure 1. Statistiques des importations de pesticides au Maroc entre 2005 et 2009 en quantité et en valeur (Source : CropLife 2011) 9

Figure 2. Répartition des intoxications accidentelles par les pesticides selon les usages (Source : CAPM 2010) 11

Figure 3. Principales familles de pesticides utilisées (Source : CAPM 2010) 12

Figure 4. Devenir des produits phytosanitaires dans l'environnement (CORPEN 1996) 16

Figure 5. Carte des bassins hydrographiques du Maroc (Source : Hachimi 2009) 30

Figure 6. Structure d'un SIG—Source : (Malczewski 1999) 41

Figure 7. Olympe, base de données et simulateur (Source : Le Bars et Snoeck 2007) 44

Figure 8. Illustration des contributions de la région du Gharb à la production agricole nationale (Source : BAD 2009) 60

Figure 9. Situation des merjas dans le Gharb à l'aube du XXe siècle (Source : Chiche -ABHS, 2007 *in* ORMVAG 2010) 62

Figure 10. Interface général d'EToPhy Logiciel de calcul de l'IRSA et de l'IRTE (Source : EtoPhy, 2012) 79

Figure 11. Caractérisation de la Toxicité aigüe des matières actives combinant les phrases de risques « R » et les propriétés physicochimiques. (Un exemple le 2,4-D) (Source : EtoPhy, 2012) 80

Figure 12. Une interface des critères utilisés pour le calcul de l'IRTE par organisme ou compartiment (Source : EtoPhy) 81

Figure 13. Organisation des données concernant les exploitations et les parcelles dans EtoPhy (Source : EtoPhy, 2012) 81

Figure 14. Modèle de calcul de l'IRTE des phytosanitaires du territoire de la Merja Zerga sous Excel (Source : Travail Ayadi H., 2012) 83

Figure 15. Modèle conceptuel du jeu de simulation « SimPhy » au niveau du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2012) 91

Figure 16. Conception du Modèle « Merja Phytos » autour de la plate-forme de type SIAD « Olympe » (Réalisation : Ayadi H., 2012) 92

Figure 17. Interface du menu principal de la plate-forme Olympe (Source : Version 1.34 de Olympe, INRA de Grignon, 2006) 93

Figure 18. Interface de la rubrique Variables (Source : modèle Merja_Phytos_Olympe, 2012) 94

Figure 19 : Techniciens d'un CDA lors du jeu SimPhy (Réalisation : Marjorie le Bars, 2012) 96

Figure 20. Illustration de la phase 1 pour des simulations de la situation initiale (Réalisation : Ayadi H., 2012) 98

Figure 21. Illustration de la phase 2 pour des simulations de tests de scénarii (Réalisation : Ayadi H., 2012) 99

Figure 22. Tracé A du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2011)..... 108

Figure 23. Tracé B du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2011)..... 109

Figure 24. Tracé C du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2011)..... 110

Figure 25. Altitudes du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation, Ayadi H., 2012) 111

Figure 26. Pente du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2012)..... 112

Figure 27. Expositions de surface issues de l'analyse spatiale en 3D du MNT de la région du Gharb-Chrarda-Bni-Hssen (Réalisation : Ayadi H., 2012)..... 113

Figure 28. Secteur de gestion de l'eau agricole et leur réseau d'assainissement (Réalisation : Ayadi H., 2012)..... 114

Figure 29. Directions des écoulements du réseau hydrographique du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2011)..... 115

Figure 30. Grandes zones morphologiques du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2012)..... 116

Figure 31. Carte des micro-bassins (Réalisation : Ayadi H., 2012)..... 117

Figure 32. Réseau hydrogéologique du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2012)..... 119

Figure 33. Vulnérabilité intrinsèque de la nappe superficielle de la plaine du Gharb (Source : Amharref et et Bernoussi 2007) 120

Figure 34. Carte des substrum du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2012)..... 122

Figure 35. Carte des principaux types de sols de la partie Gharb du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi, 2012)..... 123

Figure 36. Précipitations moyenne mensuelle (Source : Stations de Souck Larbaâ et de Mnasra sur la période 1973-2009) (Réalisation : Ayadi H., 2012)..... 127

Figure 37. Carte d'occupation du sol du bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2012)..... 130

Figure 38. Carte de découpage administratif et communes rurales du territoire de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2012)..... 132

Figure 39. Communes et douars de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2012)..... 133

Figure 40. Niveau de scolarité des agriculteurs enquêtés (Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012)..... 134

Figure 41. Le bassin versant de la Merja Zerga appartient à deux bassins hydraulique ; Sebou et Loukkos (Source : ABHS, 2011 et Réalisation : Ayadi, 2012)..... 137

Figure 42 . Localisation géographique de la réserve biologique de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2013) 139

Figure 43. Limites de la zone d'action de DREFNO et ses CCDRF de Kénitra dont dépend la réserve biologique de ma Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2013) 140

Figure 44. Limites des CDA et du Bassin versant de la Merja Zerga (Réalisation : Ayadi H., 2012)..... 142

Figure 45. Localisation géographique des exploitations enquêtées en 2011et 2012 par CDA au niveau du bassin versant (Réalisation : Ayadi H., 2012) 149

Figure 46. Même occupation du sol au cours de la campagne agricole 2011/2012 de l'exploitation n° 61 (Réalisation : Ayadi H., 2012) 153

Figure 47. Emblavements des différentes orientations culturales de la SAU agricole du CDA de Mnasra (Source : Travail d'Ayadi H. à partir des données de ORMVAG 2011) 157

Figure 48. Emblavements des différentes orientations culturales de la SAU agricole du CDA de Sidi Mohamed Lahmar (Source : Travail d'Ayadi H. à partir des données de ORMVAG 2011)..... 158

Figure 49. Emblavements des différentes orientations culturales de la SAU agricole du CDA de Souck Tlet (Source : Travail d'Ayadi H. à partir des données de ORMVAG 2011)..... 159

Figure 50. Emblavements des différentes orientations culturales de la SAU agricole du CDA de Souck Larbâa (Source : Travail d'Ayadi H. à partir des données de ORMVAG 2011) ... 160

Figure 51. Emblavements des différentes orientations culturales de la SAU agricole du CDA de Hraid (Source : Travail d'Ayadi H. à partir des données de ORMVAG, 2011) 161

Figure 52. Emblavements des différentes orientations culturales de la SAU agricole du CDA de Lalla Mimouna (Source : Travail d'Ayadi H. à partir des données de ORMVAG 2011) 162

Figure 53. Répartition de la SAU du bassin versant de la Merja Zerga suivant les principales familles de cultures (Source : Travail d'Ayadi H. à partir des données de ORMVAG 2011)162

Figure 54. Part des charges phytosanitaires dans les charges opérationnelles des différents ITK de la betterave à sucre (Source : Travail sur Olympe, Ayadi H., 2012)..... 172

Figure 55. Part des charges phytosanitaires dans les charges opérationnelles de la culture du riz de l'exploitation n°2 (Source : Travail sur Olympe, Ayadi H., 2012)..... 175

Figure 56. Charges opérationnelles de la culture de menthe de l'exploitation n°58 (Source : Travail sur Olympe, Ayadi H., 2012)..... 185

Figure 57.Traitements phytosanitaires du melon au niveau du CDA de Sid Mohamed Lahmar par les ouvriers agricoles sans aucune protection (Réalisation : Ayadi H., 2011)..... 187

Figure 58. Niveau scolaire des agriculteurs enquêtés (Source et réalisation : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011 et 2012)..... 188

Figure 59. Abandon des emballages des produits phytosanitaires dans la nature (Réalisation : Ayadi H., 2011)..... 189

Figure 60. Local aménagé pour le stockage des produits phytosanitaires (Réalisation : Ayadi H., 2011)..... 191

Figure 61. Répartition des matières actives par familles (Source : Enquêtes de terrain menées par Ayadi H., 2011 et 2012)..... 193

Figure 62. Estimation des quantités moyennes par hectare (Q_moy) de produits phytosanitaires utilisées par classe de la SAU (Surface Agricole Utile) et par CDA (Source : (Modèle MerjaPhytos : Situation initiale Jeu SimPhy).Ayadi H., 2012)..... 195

Figure 63. Estimation des quantités moyennes par hectare (Q_moy) de produits phytosanitaires utilisées au niveau des zones morphologiques (Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy ». Ayadi H., 2012) 196

Figure 64. Indice de Risque sur la Santé de l'Applicateur (IRSAm.a) et environnementale (IRTEm.a) des herbicides (Source : Travail d'Ayadi H., 2012 à partir des données issu d'EtoPhy) 199

Figure 65. Indice de Risque sur la Santé de l'Applicateur (IRSAm.a) et environnementale (IRTEm.a) des Insecticides (Source : Travail d'Ayadi H., 2012 à partir des données issu d'EtoPhy) 199

Figure 66. Indice de Risque sur la Santé de l'Applicateur (IRSAm.a) et environnementale (IRTEm.a) des Fongicides (Source : Travail d'Ayadi H., 2012 à partir des données issu d'EtoPhy) 199

Figure 67. Indices de Risque sur la Santé de l'Applicateur et environnementales aigus et chroniques des matières actives composant des fongicides (Source : Ayadi H, 2012 à partir des données issues d'EtoPhy) 201

Figure 68. Indices de risques de toxicités humaines et environnementales aigus et chroniques des matières actives composant des herbicides (Source : Ayadi H, 2012 à partir des données issues d'EtoPhy) 202

Figure 69. Indices de risques de toxicités humaines et environnementales aigus et chroniques des matières actives composant des insecticides (Source : Ayadi H, 2012 à partir des données issues d'EtoPhy) 202

Figure 70. Rôle de l'itinéraire technique dans la pression phytosanitaire (IFT), le risque de toxicité sur la santé de l'applicateur (IRSA) et toxicité environnementale (IRTE) : exemple de la culture de fraise (Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy », Ayadi H., 2012) 203

Figure 71. Estimation de la contribution des espèces végétales à la pression phytosanitaires, la toxicité humaine et la toxicité environnementales (Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2012) 204

Figure 72. Rôle de l'orientation culturale dans la variabilité des indicateurs (IRSA, IRTE et IFT) (Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2012) 204

Figure 73. Pressions (IFT) et risques de toxicité humaine (IRSA) et environnementales (IRTE) générés par les systèmes de cultures différents sur une SAU < 5ha (Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2012) 206

Figure 74. La pression et la toxicité totales sont conditionnées par la Poids du système de culture au sein du bassin versant (Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2012) 207

Figure 75. Part des emblavements de tournesol, bersim et arachide exemptés de traitements phytosanitaires (Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2012) 209

Figure 76. Pourcentage de l'ensemble des emblavements exemptés de traitements phytosanitaires par CDA (Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2012) 210

Figure 77. Estimation de la contribution des systèmes de cultures types à IFT total, IRSA total et IRTE total du bassin versant au cours de la campagne agricole 2011/2012 (Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2012) 211

Figure 78. Estimation de la contribution des systèmes de productions végétales types à l'IFT total du bassin versant au cours de la campagne agricole 2011/2012 (Source et Réalisation : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2012) 212

Figure 79. Contribution des systèmes de productions végétales types à l'IRSA total du bassin versant au cours de la campagne agricole 2011/2012 (Source et Réalisation : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2012) 213

Figure 80. Contribution des systèmes exploitations types à l'IRTE total du bassin versant au cours de la campagne agricole 2011/2012 (Source et Réalisation : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi, 2012) 214

Figure 81. IRTE générés par les micro-bassins au cours de la campagne agricole 2011/2012 (Source et Réalisation : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi, 2012) 214

Figure 82. Estimation de la valorisation du risque de toxicité humaine et environnementale par les différents systèmes de culture du bassin versant (Source : Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy » Ayadi H., 2013) 215

Figure 83. Évolution des indicateurs (Marge, IFT, IRSA et IRTE) du territoire de la Merja Zerga au cours du jeu SimPhy (Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012) 220

Figure 84. Taux de contribution des six systèmes de cultures à la marge totale du bassin versant (Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012) 221

Figure 85. Taux de contribution des six systèmes de cultures à pression phytosanitaire totale au niveau du bassin versant (Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012)..... 222

Figure 86. Taux de contribution des six systèmes de cultures à la toxicité humaine totale au niveau du bassin versant (Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012) 222

Figure 87. Taux de contribution des six systèmes de cultures à toxicité environnementale totale au niveau du bassin versant (Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012)222

Figure 88. Variabilité intergroupe des marges brutes des différents groupes de producteurs suite à l'application du pilier I du Plan Maroc Vert (Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012) 226

Figure 89. Variabilité intragroupe des marges brutes des producteurs d'un même système de production végétale suite à l'application du pilier I du Plan Maroc Vert (Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012) 227

Figure 90. Contribution des différents systèmes de production végétale à la pression (IFT), la toxicité humaine (IRSA) et environnementale (IRTE) au niveau du bassin versant de la Merja Zerga (Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012) 228

Figure 91. Évolution des orientations culturale du bassin versant en 2016 par rapport à 2012 (Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012)..... 229

Figure 92. Variabilité spatiale des emblavements des cultures sucrières et des fourrages (Source : Modèle SimPhy Merja Zerga, Ayadi H., 2012)..... 229

Figure 93. L'Agriculture Écologiquement Intensive (AEI) va mobiliser divers services écologiques des agroécosystèmes (d'après (Zhang *et al.* 2007; Lavorel et Sarthou 2008; Bonny 2010; Lavorel 2010) 237

Figure 94. Points critiques où des mesures doivent être effectuées (Réalisation : Ayadi H., 2013)..... 240

Figure 96. Variation de l'IRTm.a des matières actives utilisées par les agriculteurs du territoire de la Merja Zerga (Source : Données issues d'EtoPhy, Travail Ayadi H., 2012)... 350

ANNEXES

ANNEXE 1. FICHE D'ENQUETE

L'exploitation :

Localisation: Commune rurale…….

Douar: ……

CDA: ……

Surface totale :……

SAU : SAU irriguée SAU bour

Statut Foncier : ☐ Melk ☐ Collectif ☐ Domanial

Mode de faire valoir :

Direct : ☐

Indirect : ☐ Prise en association ☐ Prise en location

Coordonnées GPS

Point	Latitude	Longitude
1		

Etat parcellaire

Nombre de parcelles

Morcellement : ☐ regroupé ☐ peu dispersé ☐ dispersé

Superficie :

Dans la commune Hors commune

Assolement par campagne agricole

Assolements	Campagne de 2008-2009	Campagne de 2009-2010	Campagne de 2010-2011

Commentaires (fonction de la culture dans l'exploitation ; cultures apparues/disparues et pourquoi ?)

Succession des cultures et leurs raisonnements : interruption des cycles des ravageurs et parasites (rotations ?) et comment sont raisonnées ces successions ?

Effet précédents azotes, structure du sol (Bernicha en marocain Gharb). Est-ce cette rotation permet d'utiliser mois de pesticides **?**

Fiche technique culturale

Enquête N° :…….…… Fiche culturale

N° :…….

Parcelle N° :……Surface de la parcelle en ha :…….....Type de sol de la

parcelle :……

Culture :…… **Données GPS:**

Point	Latitude	Longitude	Point	Latitude	Longitude	Point	Latitude	Longitude
1			5			9		
2			6			10		
3			7			11		
4			8			12		

Charges globales :

Opération culturale	Matériels	Coûts de location (Dhs/ha)	Main d'œuvre
Travail du sol			
2éme Travail du sol			
Préparation de lit de semence			
Semence/plants			
Semis recouvrement			
Binage			

Charges de la fertilisation

Opération culturale	Formule/type	Quantité (q)	Coûts (Dhs/q)	Main d'œuvre d'épandage/ha
Fumier				
Engrais de fond				
Engrais de couverture				

- **Subvention (semences, engrais)**

Charges d'irrigation

Quantité d'eau utilisée en m3/ha	Nombre d'irrigation par cycle cultural	Coûts (Dhs/m3)	Total (Dhs)

Charge des traitements phytosanitaires

Produit commercial (Nom+Référence)	Type	Utilisation contre quels Ravageurs/Parasites	Formulation (Poudre/Liquide/Granulé)	Mode D'application	Unité Par ha	Dose appliquée	Nombre et date de passage	Surface Traitée %	Prix (Dhs/unité)

Charges de Travail par chantier (labour, semis, binage, traitements, récolte)

Chantier Labour

Main d'œuvre	Effectifs	Nombre d'heure /jour/ouvrier	Nombre de journée de Travail/ouvrier	Coûts/ journée de Travail/ouvrier
Salarié				
Familiale				
Autres				

Chantier semis

Main d'œuvre	Effectifs	Nombre d'heure /jour/ouvrier	Nombre de journée de Travail/ouvrier	Coûts/ journée de Travail/ouvrier
Salarié				
Familiale				
Autres				

Chantier binage

Main d'œuvre	Effectifs	Nombre d'heure /jour/ouvrier	Nombre de journée de Travail/ouvrier	Coûts/ journée de Travail/ouvrier
Salarié				
Familiale				
Autres				

Chantier traitement

Main d'œuvre	Effectifs	Nombre d'heure /jour/ouvrier	Nombre de journée de Travail/ouvrier	Coûts/ journée de Travail/ouvrier
Salarié				
Familiale				
Autres				

Chantier récolte

Main d'œuvre	Effectifs	Nombre d'heure /jour/ouvrier	Nombre de journée de Travail/ouvrier	Coûts/ journée de Travail/ouvrier
Salarié				
Familiale				
Autres				

Produits et sous-produits

Produit/ sous-produits	Rendement (T/ha)	Prix de vente (Dhs/t)	Total (Dhs)

Charges post-récolte

Opération	Charges en Dhs
Emballage	
Transport	
Stockage (y compris la fabrication des meules de pailles)	
Commercialisation	

Autres charges

À l'échelle de l'exploitation

Production et charge animale

Désignation	Nombre actuelle (2)	Nombre de l'année dernière (1)	Nombre de nouveaux nés/an	Mouvement D'animaux entre 1 et 2			Prix (Dhs/tête)		Valeur Totale (Dhs)
				achat	vente	décès	achat	vente	
Vaches									
Taureaux									
Veaux									
Génisses									
Ovins									
Caprins									

A l'échelle de l'exploitation

Autres produits animaux

Sous produit	Quantité Produite /an	Quantité vendue /an	Prix de vente (Dhs)	Prix de vente totale (Dhs)
Lait (Litre)				
Laine (Kg)				
Beurre (Kg)				
Miel (Kg)				
Fumiers (Tonnes)				

Charges animales

Aliments de bétail	Quantité (Kg)	Coûts (Dhs/kg)	Frais vétérinaires (Dhs/an)	Coûts de la main d'œuvre (Dhs/an)	Autres (Dhs)

A l'échelle de l'exploitation

Charges structurelles

Charges structurelles	Année de réalisation	Coûts

Subventions pour équipements et matériels agricoles (Exemple matériels d'irrigation, tracteurs, etc…)

Situation d'endettement

Date d'emprunt	Source	Montant (Dhs)	Taux d'intérêt (%)	Période de remboursement

Approvisionnement en produits phytosanitaires

- Comment vous approvisionnez en produits phytosanitaires ?

☐ Achat auprès d'un revendeur spécialisé, lieu……et distance en Km…….

☐ Achat au Souk, lieu…….et distance en Km……..

- Comment vous assurez de la qualité des produits phytosanitaires exposés dans les souks ?.....
- Comment vous choisissez vos produits phytosanitaires ?

☐ D'après votre expérience ?

☐ Selon les recommandations des experts (Techniciens, ingénieurs…) ?

☐ Selon les recommandations de vos voisins ?

☐ Selon les recommandations des vendeurs ?

- Est-ce que les prix des produits phytosanitaires varient durant l'année ?

☐ Oui ☐ Non

Si Oui en quelle période ? Pourquoi ?

Précautions lors de traitement et de manipulation

Est-ce que vous disposez d'un local aménagé pour le stockage des produits phytosanitaires ?

☐ Oui ☐ Non

Est-ce que vous respectez les doses d'utilisation recommandées ?

☐ Oui ☐ Non

Est-ce que vous traitez vous-même ou bien vous faites appel à une personne qualifiée ?

☐ Moi-même ☐ Personne qualifiée

Est-ce que vous contrôlez vôtre pulvérisateur chaque fois avant de traiter ?

☐ Oui ☐ Non

Quelles sont les précautions que vous prenez avant de commencer le traitement ?

☐ Vêtements étanche aux produits chimiques gazeux ou liquides.

☐ Masque

☐ Gants

☐ Autres (lors des mélanges pour ne pas polluer les points d'eau)

Quels sont les principaux problèmes rencontrés lors de traitement ?.....

Comment vous gérez les emballages des produits phytosanitaires utilisés ?

☐ J'ai installé un phytobac

☐ Je les jette dans la nature

☐ Je les jette avec les autres déchets ménagers

☐ Je les réutilise

☐ Je les brûle

☐ Autre

L'exploitant :

Nom et prénom :……

Situation familiale: ☐ Célibataire ☐ Marié ☐ Divorcé ☐ Veuf

Age:……

Niveau scolaire : ☐ Analphabète ☐ Primaire ☐ Secondaire ☐ Universitaire

Avez-vous une formation une agricole ? ☐ Oui ☐ Non

Avez d'autres activités en dehors de l'exploitation ? ☐ Oui ☐ Non

Si oui lesquelles :

Revenus des activités

Adhérez-vous à une association ou coopérative ? ☐ Oui ☐ Non

Si oui laquelle

Etes-vous en contact avec les services du CDA et/ou de l'ORMVAG ? ☐ Oui ☐ Non

Si Oui de quels types de services bénéficiez-vous ?

Projets envisagés

Quelles sont les contraintes qui entravent le développement de votre activité ?

☐ Superficie insuffisante ☐ Problèmes de statut

☐ Approvisionnement ☐ Manque de matériels

☐ Commercialisation ☐ Manque de main d'œuvre

☐ Problèmes techniques ☐ Zone enclavée

☐ Problèmes financiers ☐ Autres

Quels sont vos projets avenir ?

Est ce vous prêt à collaborer dans un projet de limitation d'utilisation des produits phytosanitaires ?

☐ Oui ☐ Non

Est que vous êtes prêt à supporter une perte économique en faveur de la protection de votre santé et/ou de l'environnement ?

☐ Oui ☐ Non

Faire un entretien avec d'autres acteurs du bassin versant de la Merja Zerga :

-Pêcheurs

-Associations des écologistes

-Commerçants des pesticides

ANNEXE 2. ITINERAIRES TECHNIQUES (ITK) UTILISES LORS DU JEU SimPhy

Cultures	ITK/bas intrant	ITK/moyen intrant	ITK/fort intrant
Arachide 4	x		
Aubergine 13	x		
Aubergine 26		x	
Avocatier 3		x	
Avocatier 4	x		
Ban 23		x	
Ban 25			x
Bananier 1	x		
BAS 11	x		
BAS 19			x
Bersim 12	x		
Bersim 19			x
Bersim35		x	
BT 41	x		
BT 53			x
BT 9		x	
CAS 37	x		
CAS 40			x
CAS 8		x	
Fraise 10		x	
Fraise 34	x		
Fraise 7			x
Haricot Sec 4		x	
Haricot sec 54	x		
Haricot vert 26	x		
Mais grain 26			
Melon 15		x	
Melon 29			x
Melon 32	x		

Menth 58			
Oranger 42		x	
Oranger 49			x
Pasteque 31			
Poids chiche 41	x		
Pois chiche 8		x	
Poivron 26	x		
Poivron 55		x	
PT 1		x	
PT 61			x
SV5			
Tomate 15	x		
Tomate 23		x	
Tomate 29			x
Tournesol 27			x
Tournesol 9		x	

Source : Travail, Ayadi H., 2012

Avec :

	Bas Intrants
	Moyens Intrants
	Forts Intrants

ANNEXE 3. TABLE DES PRIX DES PRODUCTIONS AU NIVEAU REGIONAL

Tableau 72. Table des prix suivant la production en tonne

		Production 2011	150%	100%	80%	60%	30%
	Unité	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes
Région							
Blé tendre	T	12500	0 6000	6001 - 12500	12501-14000	12501- 18000	> 18000
Blé dur	T	7600	0- 3500	3501-8000	8001-12000	12001 - 16000	>16000
Tournesol	T	7500	0-3500	3501-8000	8001-12000	12001 - 16000	>16000
Banane	T	70000	0-35000	35001-70000	70001-100000	100001-140000	>140000
Pomme de Terre	T	75000	0-40000	40001-80000	80001-120000	120001-160000	>160000
Bersim fourrage	T	10125	0- 5000	5001- 10200	10201-14000	14001-19000	>19000
Avocat 4	T	10500	0-5000	5001-11000	11001-15000	15001-19000	>19000
Arachide 4	T	432	0-300	301-600	601-800	801-1000	>1000
Haricot Sec 4	T	900	0-600	601-1000	1001-1250	1250-1500	>1500
Melon 29	T	15000	0-10000	10001-17000	17001-21000	21001-25000	>25000
Betterave à Sucre 11	T	112500	0-90000	90001-150000	150001-180000	180001-200000	>200000
Fraise 34	T	18000	0-9000	9001-18000	18001-21000	21001-25000	>25000
Pois chiche 8	T	400	0-300	301-600	601-800	801-1000	>1000
Canne à sucre 14	T	270000	0-200000	200001-300000	300001-32000	320001-350000	>350000
Tomate 29	T	8500	0-4500	4501-10000	10001-12500	12501-15000	>15000
Poivron 26	T	0	0-200	201-400	401-550	551-700	>700
Aubergine 13	T	1750	0-1000	1001-2000	2001-2250	2251-2500	>2500
Pasteque 23	T	9250	0-6000	6001-12000	12001-13000	13001-15000	>15000
Haricot vert 26	T	1200	0-1000	1001-1500	1501-1750	1751-2000	>2000

Source : Travail, Ayadi H., 2012

ANNEXE 4. ASSOLEMENTS DES EXPLOITATIONS TYPES

Tableau 73. Assolement potentiel de l'exploitation Mnasra_G1 dont SAU inférieure à cinq hectare (< 5ha)

Situation du jeu	Mnasra G1<5 ha	Catégorie	2012
Situation initiale	Melon 29	Melon	1.50
	Aubergine 26	Aubergine	0.50
	Blé Tendre 9	Blé tendre	1.00
	Bersim 35	Cultures Fourragères	0.50
	Haricot sec 4	Haricot sec	0.50
	Haricot vert 26	Haricot vert	0.50
	Haricot sec 54	Haricot sec	
Autres choix potentiels lors du jeu	Melon 15	Melon	
	Poivron 55	Poivron	
	Bersim 12	Cultures Fourragères	
	Blé Tendre 41	Blé tendre	
	Melon 32	Melon	
	Poivron 26	Poivron	
	Pois chiches 41	Pois chiche	
	Pastèque 31	Pastèque	
	Avocatier 4	Avocatier	
	Poivron 26	Poivron	
	Tomate 15	Tomate	

Source: Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy », Ayadi H., 2012

Tableau 74. Assolement potentiel de l'exploitation Mnasra_G2 dont SAU supérieure à cinq hectare (> 5ha)

Situation du jeu	Mnasra G1>5 ha	Catégorie	2012
Situation initiale	Bananier 25	Bananier	2.00
	Pomme de terre 61	Pomme de terre	1.50
	Blé Tendre 53	Blé tendre	5.00
	Bersim 19	Cultures Fourragères	1.50
	Tournesol 27	Oléagineux	5.00
	Arachide 4	Arachide	4.00
	Haricot sec 4	Haricot sec	1.00
	Pois chiche 8	Pois chiche	3.00
	Fraisier 7	Fraisier	1.00
	Avocatier 3	Avocatier	1.00
Autres choix potentiels lors du jeu	Aubergine 13	Aubergine	
	Bersim 35	Cultures Fourragères	
	Avocatier 4	Avocatier	
	Bananier 23	Bananier	
	Haricot sec 54	Haricot sec	
	Bersim 12	Cultures Fourragères	
	Blé Tendre 41	Blé tendre	
	Pomme de terre 1	Pomme de terre	
	Tournesol 9	Oléagineux	
	Poivron 55	Poivron	
	Bananier 1	Bananier	
	Bananier 25	Bananier	

Source: Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy », Ayadi H., 2012

Tableau 75. Assolement potentiel de l'exploitation Sidi Mohamed Lahmar _G1dont SAU inférieure à cinq hectare (< 5ha)

Situation du jeu	Sidi Mohamed Lahmar _G1	Catégorie	2012
Situation initiale	Blé Tendre 53	Blé tendre	2.50
	Tournesol 27	Oléagineux	2.25
	Haricot sec 4	Haricot sec	0.25
Autres choix potentiels lors du jeu	Bersim 19	Cultures Fourragères	
	Melon 15	Melon	
	Tournesol 9	Oléagineux	
	Blé Tendre 41	Blé tendre	
	Tomate 23	Tomate	
	Tournesol 9	Oléagineux	
	Tomate 52	Tomate	
	Arachide 4	Arachide	
	Tomate 15	Tomate	
	Bersim 12	Cultures Fourragères	
	Melon 29	Melon	
	Tomate 29	Tomate	

Source: Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy », Ayadi H., 2012

Tableau 76. Assolement potentiel de l'exploitation Sidi Mohamed Lahmar _G2 dont SAU supérieure à cinq hectare (>5ha)

Situation du jeu	Sidi Mohamed Lahmar _G2	Catégorie	2012
Situation initiale	Melon 29	Melon	0.50
	Blé Tendre 53	Blé tendre	3.50
	Tournesol 27	Oléagineux	3.50
	Haricot sec 4	Haricot sec	0.25
Autres choix potentiels lors du jeu	Melon 32	Melon	
	Aubergine 13	Aubergine	
	Bersim 35	Cultures Fourragères	
	Blé Tendre 41	Blé tendre	
	Melon 32	Melon	
	Tomate 23	Tomate	
	Tournesol 9	Oléagineux	
	Melon 15	Melon	
	Bersim 19	Cultures Fourragères	

Source: Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy », Ayadi H., 2012

Tableau 77. Assolement potentiel de l'exploitation Souck Etletk_G1dont SAU inférieure à cinq hectare (< 5ha)

Situation du jeu	Souck Etletk_G1	Catégorie	2012
Situation initiale	Blé Tendre 53	Blé tendre	2.00
	Bersim 19	Cultures Fourragères	1.00
	Tournesol 27	Oléagineux	1.00
	Arachide 4	Arachide	1.00
Autres choix potentiels lors du jeu	CAS 37	Canne à sucre	
	Bersim 12	Cultures Fourragères	
	Blé Tendre 41	Blé tendre	
	Tournesol 9	Oléagineux	
	Melon 32	Melon	
	BAS 11	Betterave à sucre	

Source: Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy », Ayadi H., 2012

Tableau 78. Assolement potentiel de l'exploitation Souck Etletk_G2 dont SAU supérieure à cinq hectare (> 5ha)

Situation du jeu	Souck Etletk_G2	Catégorie	2012
Situation initiale	Blé Tendre 53	Blé tendre	3.00
	BAS 19	Betterave à sucre	1.00
	CAS 40	Canne à sucre	1.00
	Bersim 19	Cultures Fourragères	1.00
	Tournesol 27	Oléagineux	2.50
	Haricot sec 4	Haricot sec	1.00
	Avocatier 3	Avocatier	0.50
Autres choix potentiels lors du jeu	BAS 11	Betterave à sucre	
	Blé Tendre 41	Blé tendre	
	CAS 37	Canne à sucre	
	Bersim 35	Cultures Fourragères	
	Mais Grain 26	Mais grain	
	Tournesol 9	Oléagineux	
	CAS 8	Canne à sucre	
	Blé Tendre 53	Blé tendre	

Source: Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy », Ayadi H., 2012

Tableau 79. Assolement potentiel de l'exploitation Souck Larbâa_G1dont SAU inférieure à cinq hectare (< 5ha)

Situation du jeu	Souck Larbâa_G1	Catégorie	2012
Situation initiale	Melon 29	Melon	0.50
	Blé Tendre 53	Blé tendre	1.00
	Bersim 19	Cultures Fourragères	1.00
	Tournesol 27	Oléagineux	1.00
	Haricot sec 4	Haricot sec	1.00
	Avocatier 3	Avocatier	0.50
Autres choix potentiels lors du jeu	Melon 32	Melon	
	Bersim 19	Cultures Fourragères	
	CAS 37	Canne à sucre	
	Tournesol 27	Oléagineux	
	BAS 11	Betterave à sucre	

Source: Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy », Ayadi H., 2012

Tableau 80. Assolement potentiel de l'exploitation Souck Larbâa_G2 dont SAU inférieure à cinq hectare (< 5ha)

Situation du jeu Situation initiale	Souck Larbâa_G2	Catégorie	2012
	Blé Tendre 41	Blé tendre	2.00
	BAS 19	Betterave à sucre	1.00
	CAS 40	Canne à sucre	2.00
	Bersim 19	Cultures Fourragères	1.00
	Tournesol 27	Oléagineux	6.00
	Haricot sec 4	Haricot sec	2.00
Autres choix potentiels lors du jeu	Blé Tendre 41	Blé tendre	
	Tournesol 27	Oléagineux	
	BAS 11	Betterave à sucre	
	Bersim 35	Cultures Fourragères	
	Bersim 12	Cultures Fourragères	
	Tournesol 9	Oléagineux	

Source: Modèle MerjaPhytos « Situation initiale Jeu SimPhy », Ayadi H., 2012

ANNEXE 5. ITINERAIRES TECHNIQUES REPRESENTATIFS DE L'AGRICULTURE AU NIVEAU DU TERRITOIRE E LA MERJA ZERGA

Tableau 81. ITK à bas intrant représentatif de la culture de Betterave à sucre au niveau du bassin versant

Betterave à Sucre 11	Catégorie	Unité	Quantité appliquée (ha)
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	800
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	350
Semence Betterave à sucre	Semences	Kg	3
Semoir	Location de matériels	DH	500
NPK 18-46-00	Engrais	q	4
Ammonitrate 46%	Engrais	q	2
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	24
Eau	Eau	m3	2 200
Dursban 4 BAS 11	Insecticides	L	4
Safari BAS 11	Insecticides	Kg	4
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	80
Main d'œuvre Récolte	MO	h	200

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 82. . ITK à fort intrant représentatif de la culture de Betterave à sucre au niveau du bassin versant

Betterave à sucre 19	Catégorie	Unité	Quantité appliquée (ha)
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	400
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	1 200
Main d'œuvre Labour	MO	h	80
Semence Betterave à sucre	Semences	Kg	3
Semoir	Location de matériels	DH	400
NPK 18-46-00	Engrais	q	3
Ammonitrate 33%	Engrais	q	2
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	16
Main d'œuvre Binage	MO	h	80
Eau	Eau	m3	3 400
Dursban 4 BAS 19	Insecticides	L	8
Galben 865 BAS 19	Fongicides	Kg	1
Main d'œuvre	MO	h	128
Main d'œuvre Récolte	MO	h	192

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 83. ITK à bas intrant représentatif de la culture de la canne à sucre au niveau du bassin versant

Canne à sucre 37	Catégorie	Unité	Quantité appliquée (ha)
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	400
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	175
MO Labour	MO	h	2
Bouture de la canne à sucre	Semences	T	13
Main d'œuvre plantation	MO	h	48
NPK 18-46-00	Engrais	q	3
Ammonitrate 33%	Engrais	q	3
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	4
Eau	Eau	m3	10 800
Main d'œuvre Binage	MO	h	2
Impact RM CAS 37	Fongicides	L	1
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	32
Main d'œuvre Chargement	MO	T	80
Transport de CAS par camion	Transport	T	80

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 84. ITK à fort intrant représentatif de la culture de la canne à sucre au niveau du bassin versant

Canne à sucre 40	Catégorie	Unité	Quantité appliquée (ha)
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	400
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	175
Main d'œuvre Labour	MO	h	3
Bouture de la canne à sucre	Semences	T	21
Main d'œuvre Semis	MO	h	50
DAP 18-46-00	Engrais	q	5
MO Fertilisation	MO	h	2
Lumax 537.5 CAS 40	Herbicides	L	5
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	10
Eau	Eau	m3	7 000
Main d'œuvre Récolte	MO	h	10
Main d'œuvre Chargement	MO	T	120
Transport de CAS par camion	Transport	T	120

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 85. ITK à moyen intrant représentatif de la culture de la canne à sucre au niveau du bassin versant

Canne à sucre 8	Catégorie	Unité	Quantité appliquée (ha)
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	800
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	350
Bouture de la canne à sucre	Semences	T	36
MO Semis	MO	h	160
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	8
Eau	Eau	m3	7 000
Roundup CAS 8	Herbicides	L	3
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	8
Transport de CAS et BT et autre par camion	Transport	T	110
Main d'œuvre Récolte	MO	h	80

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 86. ITK à bas intrat représentatifs de la conduite technique de la culture du Blé tendre

Blé tendre 41	**Catégorie**	**Unité**	**Quantité appliquée (ha)**
Location de Terre	Location de Terre	DH	3 000
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	400
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	175
Cover crop	Location de matériels	DH	175
Main d'œuvre Labour	MO	h	4
Semence Blé tendre	Semences	q	2,5
Semoir	Location de matériels	DH	350
Main d'œuvre Semis	MO	h	1
DAP 18-46-00	Engrais	q	1
Ammonitrate 33%	Engrais	q	1
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	4
Eau	Eau	m3	3 240
Karaté 2 BT 41	Insecticides	L	1
Main d'œuvre Traitement	MO	h	4
Moissonneuse batteuse	Location de matériels	DH	350
Sac emballage Format normale	Emballage	un	25
Paille du blé	Fabrication des bottes de pailles	un	100
Transport de CAS et BT et autre par camion	Transport	T	2,5

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 87. ITK à moyen intrat représentatifs de la conduite technique de la culture du Blé tendre

Blé tendre 53	**Catégorie**	**Unité**	**Quantité appliquée (ha)**
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	175
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	175
Main d'œuvre Labour	MO	h	8
Semence Blé tendre	Semences	q	2
Semoir	Location de matériels	DH	350
Main d'œuvre Semis	MO	h	8
DAP 18-46-00	Engrais	q	2
Ammonitrate 46%	Engrais	q	1
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	16
Printazol 75 BT 53	Herbicides	L	1
Dursban 4 BT 53	Insecticides	L	0,25
Impact RM BT 53	Fongicides	L	1
Main d'œuvre Traitement	MO	h	24
Eau	Eau	m3	4 500
Moissonneuse batteuse	Location de matériels	DH	350
Sac emballage Format normale	Emballage	un	30
Paille du blé	Fabrication des bottes de pailles	un	100
Main d'œuvre Récolte	MO	h	16

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 88. ITK à fort intrat représentatifs de la conduite technique de la culture du Blé tendre

Blé tendre 9	Catégorie	Unité	Quantité appliquée (ha)
Semoir	Location de matériels	DH	170
NPK 18-46-00	Engrais	q	2
Ammonitrate 33%	Engrais	q	2
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	16
Impact RM BT9	Fongicides	L	0,5
Printazol 75 BT9	Herbicides	L	2
Main d'œuvre Traitement	MO	h	16
Sac emballage occasion	Emballage	un	40
Moissonneuse batteuse	Location de matériels	DH	300
Main d'œuvre Récolte	MO	h	128

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 89. ITK à fort intrant de la culture du riz 2 au niveau du secteur C riz et C4 de la zone d'action de ORMVAG

Riz 2	**Catégorie**	**Unité**	**Quantité appliquée (ha)**
Semence Riz	Semences	Kg	550
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	300
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	300
NPK 18-46-00	Engrais	q	4
Ammonitrate 46%	Engrais	q	4
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	16
Main d'œuvre Traitement phytosanitaires	MO	h	8
Main d'œuvre Récolte	MO	h	16
Eau	Eau	m3	4 400
Semoir	Location de matériels	DH	400
Dursban 4 Riz 2	Insecticides	L	1
Impact RM Riz 2	Fongicides	L	1,2
Clincher 200 EC Riz 2	Herbicides	L	0,8
Printazol 75 Riz 2	Herbicides	L	1,2

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 90. ITK à bas intrant de conduite du bersim au niveau du bassin versant

Bersim 12	**Catégorie**	**Unité**	**Quantité appliquée (ha)**
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	300
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	150
Ammonitrate 33%	Engrais	q	2
Fumier	Engrais	T	3
Main d'œuvre récolte	MO	h	160

Source : Travail d'Ayadi H., 2012

Tableau 91. ITK à moyen intrant de conduite du bersim au niveau du bassin versant

Bersim 35	**Catégorie**	**Unité**	**Quantité appliquée (ha)**
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	200
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	150
Ammonitrate 33%	Engrais	q	12
Fumier	Engrais	T	1,5
Main d'œuvre Semis	MO	h	40
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	16
Main d'œuvre Traitement phytosanitaires	MO	h	8
Impact RM Bersim 35	Fongicides	L	1
Main d'œuvre Récolte	MO	h	40

Tableau 92. ITK à fort intrant de conduite du bersim au niveau du bassin versant

Bersim 19	**Catégorie**	**Unité**	**Quantité appliquée (ha)**
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	300
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	150
Main d'œuvre Semis	MO	h	40
Ammonitrate 33%	Engrais	q	1,50
Fumier	Engrais	T	2
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	16
Electricité	Electricité	DH	1 000
Dursban 4 Bersim 19	Insecticides	L	3
Impact RM Bersim 19	Fongicides	L	1
Main d'œuvre Traitement phytosanitaires	MO	h	40
Main d'œuvre Récolte	MO	h	120

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 93. ITK à bas intrant de conduite de la tomate 15 au niveau du bassin versant

Tomate 15	**Catégorie**	**Unité**	**Quantité appliquée (ha)**
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	1 200
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	400
Semence Tomate	Semences	Kg	2,5
Main d'œuvre Semis	MO	h	120
Goutte à goutte	Equipement	DH	10 000
Eau	Eau	m3	3 500
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	80
Fumier	Engrais	T	40
NPK 18-46-00	Engrais	q	5
Main d'œuvre Traitement phytosanitaires	MO	h	120
Topas 100 EC Tomate 15	Fongicides	L	1,50
Topenco 100 EC Tomate 15	Fongicides	L	1
Galben 865 Tomate 15	Fongicides	Kg	1
Main d'œuvre Récolte	MO	h	240
Caisse emballage petite format	Emballage	un	500

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 94. ITK à moyen intrant représentatif de conduite de la tomate 23 au niveau du bassin versant

Tomate 23	**Catégorie**	**Unité**	**Quantité appliquée (ha)**
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	700
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	1 500
Semence Tomate	Semences	Kg	1,8
Main d'œuvre Semis	MO	h	80
Fumier	Engrais	T	60
Ammonitrate 33%	Engrais	q	1,5
Sulfate de potasse	Engrais	q	1,5
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	60
Goutte à goutte	Equipement	DH	10 000
Gaz	Gaz	Kg	3 120
Proclaim 05 SG Tomate 23	Insecticides	Kg	3
Avaunt 150 EC Tomate 23	Insecticides	L	0,8
Previcur Energy 840 SL Tomate 23	Fongicides	L	3
Tattoo C Tomate 23	Fongicides	L	3
Uthane Tomate 23	Fongicides	L	2,5
Main d'œuvre Traitement	MO	h	60
Main d'œuvre Récolte	MO	h	560

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 95. ITK à fort intrant de conduite de la tomate 29 au niveau du bassin versant

Tomate 29	**Catégorie**	**Unité**	**Quantité appliquée (ha)**
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	1 400
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	200
Semence Tomate	Semences	Kg	1,5
Main d'œuvre Semis	MO	h	160
NPK 18-46-00	Engrais	q	4
Ammonitrate 33%	Engrais	q	4
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	40
Goutte à goutte	Equipement	DH	15 000
Electricité	Electricité	DH	2 000
Billonneuse	Location de matériels	DH	200
Main d'œuvre Binage	MO	h	160
Avaunt 150 EC Tomate 29	Insecticides	L	4
Likeroate 40 Tomate 29	Insecticides	L	4
Daconil 720 Sc Tomate 29	Fongicides	L	2,4
Emthane M 45 Tomate 29	Fongicides	Kg	6
Systhan 12 E Tomate 29	Fongicides	L	4
Main d'œuvre Traitement	MO	h	80
Main d'œuvre Récolte	MO	h	240

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 96. ITK à bas intrant de conduite du poivron 26 au niveau du bassin versant

Poivron 26	**Catégorie**	**Unité**	**Quantité appliquée (ha)**
Semence Poivron	Semences	Kg	0,3
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	700
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	800
Main d'œuvre Semis	MO	h	160
Fumier	Engrais	T	6
Ammonitrate 33%	Engrais	q	2
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	40
goutte à goutte	Equipement	DH	5 000
Gaz	Gaz	Kg	585
Agrezate Poivron 26	Fongicides	Kg	2
Main d'œuvre Traitement	MO	h	40
Main d'œuvre Récolte	MO	h	160

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 97. . ITK à fort intrant de conduite du poivron 26 au niveau du bassin versant

Poivron 55	**Catégorie**	**Unité**	**Quantité appliquée (ha)**
Location de Terre	Location de Terre	DH	3 000
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	350
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	200
Main d'œuvre Labour	MO	h	8
Semence Poivron	Semences	Kg	0,3
Main d'œuvre Semis	MO	h	160
Eau	Eau	m3	3 600
Fumier	Engrais	T	10
Ammonitrate 33%	Engrais	q	1
DAP 18-46-00	Engrais	q	6
MO Fertilisation	MO	h	56
Agrezate Poivron 55	Fongicides	Kg	3
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	56
Main d'œuvre Récolte	MO	h	160

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 98. ITK à fort intrant de conduite de la salade verte au niveau du bassin versant

Salade verte 5	Catégorie	Unité	Quantité appliquée (ha)
Semence salade verte	Semences	Kg	12
Main d'œuvre Semis	MO	h	8
Biosol	Engrais	T	6
Biocompost	Engrais	T	6
NPK 18-46-00	Engrais	q	40
Ammonitrate 33%	Engrais	q	40
Sulfate de potasse	Engrais	q	40
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	12
goutte à goutte	Equipement	DH	40 000
Carburant	Carburant	L	3 000
Fastac 5 SV 5	Insecticides	L	0,3
Karaté K 5EC SV5	Insecticides	L	1,5
Acrobat MZ WP SV5	Fongicides	Kg	4
Ortiva SV 5	Fongicides	L	2
Signum WG SV 5	Fongicides	Kg	3
Revus SV 5	Fongicides	L	1,2
Goltix 70 WG SV 5	Herbicides	Kg	1,2
Devrinol FL SV 5	Herbicides	L	2,4
Butisan S SV 5	Herbicides	L	1,5
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	18
Main d'œuvre Récolte	MO	h	8
Conditionnement	Conditionnement	DH	60 000

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 99. ITK représentatif à moyen intrant de la culture du Melon au niveau du bassin versant

Melon 15	Catégorie	Unité	Quantité appliquée (ha)
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	1200
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	700
Semence Melon	Semences	Kg	1,5
Main d'ouvre Semis	MO	h	160
goutte à goutte	Equipement	DH	7000
Fumier	Engrais	T	20
NPK 18-46-00	Engrais	q	4,0
Potasse	Engrais	q	0,5
Guanumus (N,P2O5,K20)	Engrais	0,5	0,5
Hydrocomplexe (P2O5, K20,SO3)	Engrais	0,5	0,5
Electricité	Electricité	DH	10800
Main d'ouvre Fertilisation	MO	h	80
Ressul M80 WP Melon 16	Fongicides	Kg	3
Laskor 50 Melon 16	Fongicides	Kg	0,5
Thiogri 70 Melon 16	Fongicides	Kg	0,8
Main d'ouvre Traitement phytosaniatire	MO	h	120
Main d'ouvre Récolte	MO	h	480

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 100. ITK représentatif à fort intrant de la culture du Melon au niveau du bassin versant

Melon 29	Catégorie	Unité	Quantité appliquée (ha)
1ér Travail du sol	Travail du sol	DH	1 400
2éme Travail du sol	Travail du sol	DH	200
Semence Melon	Semences	Kg	1,5
Main d'œuvre Semis	MO	h	160
NPK 18-46-00	Engrais	q	4
Ammonitrate 33%	Engrais	q	4
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	40
Goutte à goutte	Equipement	DH	15 000
Electricité	Electricité	DH	2 000
Billonneuse	Location de matériels	DH	200
Main d'œuvre Binage	MO	h	160
Avaunt 150 EC Melon 29	Insecticides	L	4
Likeroate 40 Melon 29	Insecticides	L	4
Daconil 720 Sc Melon 29	Fongicides	L	2,4
Emthane M 45 Melon 29	Fongicides	Kg	6
Systhan 12 E Melon 29	Fongicides	L	4
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	80
Main d'œuvre Récolte	MO	h	240

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 101. ITK représentatif à bas intrant de la culture du Melon au niveau du bassin versant

Melon 32	Catégorie	Unité	Quantité appliquée (ha)
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	450
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	1 250
Semence Melon	Semences	Kg	1,3
Main d'œuvre Semis	MO	h	160
Goutte à goutte	Equipement	DH	10 000
NPK 18-46-00	Engrais	q	3
Ammonitrate 33%	Engrais	q	3
Eau	Eau	m3	2 500
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	16
Billonneuse	Location de matériels	DH	300
Daconil 720 Sc Melon 32	Fongicides	L	3
Bellkute wp Melon 32	Fongicides	Kg	1
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	16
Main d'œuvre Récolte	MO	h	160

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 102. ITK représentatif à bas intrant de la culture de l'aubergine au niveau du bassin versant

Aubergine 13	Catégorie	Unité	Quantité appliquée (ha)
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	350
Main d'œuvre Semis	MO	h	80
NPK 18-46-00	Engrais	q	1,5
Sulfate d'ammoniaque 21%	Engrais	q	1,5
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	40
Main d'œuvre Binage	MO	h	40
Sac emballage occasion	Emballage	un	120
Electricité	Électricité	DH	720
Bisect Aubergine 13	Insecticides	L	0,25
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	8
Main d'œuvre Récolte	MO	h	240

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 103. ITK représentatif à moyen intrant de la culture de l'aubergine au niveau du bassin versant

Aubergine 26	Catégorie	Unité	Quantité appliquée (ha)
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	700
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	800
Main d'œuvre Semis	MO	h	160
Fumier	Engrais	T	6
Ammonitrate 33%	Engrais	q	2
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	40
goutte à goutte	Equipement	DH	5 000
Gaz	Gaz	Kg	585
Agrezate Aubergine 26	Fongicides	Kg	1,6
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	40
Main d'œuvre Récolte	MO	h	160

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 104. ITK représentatif à moyen intrant de la culture de la pomme de terre au niveau du bassin

Pomme de terre 1	Catégorie	Unité	Quantité aplliquée (ha)
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	450
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	250
Semence P de Terre	Semences	Kg	600
Main d'œuvre Semis	MO	h	160
NPK 14-28-14	Engrais	q	1
NPK 18-46-00	Engrais	q	0,5
Hydrocomplexe (P2O5, K20, SO3)	Engrais	q	1
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	40
Main d'œuvre Binage	MO	h	80
Carburant	Carburant	L	1080
Ridomil MZ68 WG PT 1	Fongicides	Kg	1
Galben 865 PT 1	Fongicides	Kg	1,2
Dithane M45 PT1	Fongicides	Kg	4
Daconil 720 SC PT1	Fongicides	L	1
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	40
Main d'œuvre Récolte	MO	h	160

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 105. ITK représentatif à fort intrant de la culture de la pomme de terre au niveau du bassin versant

Pomme de terre 61	Catégorie	Unité	Quantité appliquée (ha)
Location de Terre	Location de Terre	DH	3 000
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	350
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	300
Main d'œuvre Labour	MO	h	2
Semence P de Terre	Semences	Kg	3,5
Main d'œuvre Semis	MO	h	112
Fumier	Engrais	T	45
NPK 14-28-14	Engrais	q	4
Ammonitrate 33%	Engrais	q	1,5
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	16
Eau	Eau	m3	4 500
Electricité	Electricité	DH	4 500
Karaté 2 PT 61	Insecticides	L	0,5
Dithan M45 PT 61	Fongicides	Kg	1
Ridomil Gold MZ 68 WG PT 61	Fongicides	Kg	1
Galben M PT 61	Fongicides	Kg	1
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	16
Main d'œuvre Récolte	MO	h	80

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 106. ITK représentatif de la culture de la pastèque au niveau du bassin versant

Pastèque 31	Catégorie	Unité	Quantité appliquée (ha)
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	1 050
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	400
Semence Pastéque	Semences	Kg	3
Main d'œuvre Semis	MO	h	160
NPK 18-46-00	Engrais	q	2
Ammonitrate 46%	Engrais	q	3,5
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	40
Main d'œuvre Binage	MO	h	40
Electricité	Electricité	DH	4 500
Pyricol 480 Pasteque 31	Insecticides	L	1
Topas 100 EC Pasteque 31	Fongicides	L	1
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	16
Main d'œuvre Récolte	MO	h	160

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 107. ITK à bas intrant représentatif de conduite du bananier au niveau du bassin versant

Bananier 23	**Catégorie**	**Unité**	**Quantité appliquée (ha)**
Plant bananier	Semences	Plant	2 360
Fumier	Engrais	T	80
NPK 18-46-00	Engrais	q	1,25
Ammonitrate 33%	Engrais	q	1,25
Sulfate de potasse	Engrais	q	1,25
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	168
Goutte à goutte	Equipement	DH	10 000
Gaz	Gaz	Kg	6 240
Rugby 10 G Ban 23	Insecticides	Kg	50
Vertimec Ban 23	Insecticides	L	0,60
Dursban4 Ban 23	Insecticides	L	1,60
Avaunt 150 EC Ban 23	Insecticides	L	1
Lannatte 20L Ban 23	Insecticides	L	1
Score 250 EC Ban 23	Fongicides	L	1,66
Pelt 44 PM Ban 23	Fongicides	Kg	1
Mocap 10 G Ban 23	Insecticides	Kg	72
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	640
Main d'œuvre Récolte	MO	h	560

Source : Travail d'Ayadi H., 2012

Tableau 108. ITK à moyen intrant représentatif de conduite du bananier au niveau du bassin versant

Bananier 25	**Catégorie**	**Unité**	**Quantité appliquée (ha)**
Plant bananier	Semences	Plant	2 360
Fumier	Engrais	T	12
Potasse	Engrais	q	3
Ammonitrate 33%	Engrais	q	3
NPK 18-46-00	Engrais	q	3
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	64
Goutte à goutte	Equipement	DH	12 000
Carburant	Carburant	L	1 200
Lannatte 20L Ban 25	Insecticides	L	1
Salvador 24 SL Ban 25	Insecticides	L	9
Valmec Ban 25	Insecticides	L	1
Dursban 4 Ban 25	Insecticides	L	6
Proclaim 05 SG Ban 25	Insecticides	Kg	1
Score 250 EC Ban 25	Fongicides	L	2
Pelt 44 PM Ban 25	Fongicides	Kg	1
Impact RM Ban 25	Fongicides	L	1
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	64
Main d'œuvre Récolte	MO	h	800

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 109. ITK à fort intrant représentatif de conduite du bananier au niveau du bassin versant

Bananier 1	**Catégorie**	**Unité**	**Quantité appliquée (ha)**
Location de Terre	Location de Terre	DH	10 000
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	450
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	250
Plant bananier	Semences	Plant	2 360
Codicobré	Simulateurs de Croissance	L	1
Fulvigin	Simulateurs de Croissance	L	1
Agroxigreen Mg Plus	Simulateurs de Croissance	L	5
Codebor	Simulateurs de Croissance	L	30
Alcaplant NEW	Simulateurs de Croissance	L	20
Guanumus (N-P2O5-K20)	Engrais	q	5
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	160
Goutte à goutte	Equipement	DH	20 000
Carburant	Carburant	L	2 190
Main d'œuvre Binage	MO	h	80
Nemathorin 10G Ban 1	Insecticides	Kg	7
Vertigo 018 EC Ban 1	Insecticides	L	1
Priori Top Ban 1	Fongicides	L	1
Score 250 EC Ban 1	Fongicides	L	1
Main d'œuvre Traitement phtosanitaire	MO	h	16
Main d'œuvre Récolte	MO	h	480

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 110. ITK à bas intrant représentatif de conduite du fraiser au niveau du bassin versant

Fraisier 10	**Catégorie**	**Unité**	**Quantité appliquée (ha)**
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	500
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	400
Semence Fraise	Semences	Kg	1,2
Main d'œuvre Semis	MO	h	80
Fumier	Engrais	T	8
NPK 18-46-00	Engrais	q	2
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	24
Carburant	Carburant	L	400
Dursban 4 Fraise 10	Insecticides	L	2,5
Vertimec Fraise 10	Insecticides	L	2
Main d'œuvre Traitement phtosanitaire	MO	h	48
Main d'œuvre Récolte	MO	h	128

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 111. ITK à bas intrant représentatif de conduite du fraiser au niveau du bassin versant

Fraisier 34	**Catégorie**	**Unité**	**Quantité appliquée (ha)**
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	1 000
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	850
Semence Fraise	Semences	Kg	1,8
Main d'œuvre Semis	MO	h	160
Ammonitrate 33%	Engrais	q	4
Potasse	Engrais	q	3
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	40
Goutte à goutte	Équipement	DH	15 000
Gaz	Gaz	Kg	1 040
Billonneuse	Location de matériels	DH	450
Dursban 4 Fraise 34	Insecticides	L	1,3
Vertimec Fraise 34	Insecticides	L	1
Impact RM Fraise 34	Fongicides	L	1
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	48
Main d'œuvre Récolte	MO	h	320

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 112. ITK à fort intrant représentatif de conduite du fraiser au niveau du bassin versant

Fraisier 7	**Catégorie**	**Unité**	**Quantité appliquée (ha)**
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	1 200
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	700
Semence Fraise	Semences	Kg	2
Main d'œuvre Semis	MO	h	80
Hydrocomplexe (P2O5, K20,SO3)	Engrais	q	15
Nitrate de potasse	Engrais	q	12
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	72
Goutte à goutte	Équipement	DH	12 000
Électricité	Électricité	DH	18 000
Dipel PM Fraise 7	Insecticides	Kg	4
Limocide Fraise 7	Insecticides	L	4,8
Ortiva 25 SC Fraise 7	Fongicides	L	2
Trispoap jojoba Fraise 7	Fongicides	L	4
Signum WG Fraise 7	Fongicides	Kg	1,5
Main d'œuvre Traitement phtosanitaire	MO	h	72
Transport caisse	Transport	un	1 300
Main d'œuvre Récolte	MO	h	560

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 113. ITK à fort intrant représentatif de conduite du tournesol au niveau du bassin versant

Tournesol 27	Catégorie	Unité	**Quantité applique (ha)**
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	1 400
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	800
Semence Tournesol	Semences	Kg	10
Semoir	Location de matériels	DH	500
NPK 18-46-00	Engrais	q	2
Ammonitrate 46%	Engrais	q	4
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	40
goutte à goutte	Equipement	DH	
Lannatte 20L TS 27	Insecticides	L	3
Avaunt 150 EC TS 27	Insecticides	L	0,6
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	40
Sac d'emballage	Emballage	un	37
Main d'œuvre Récolte	MO	h	320

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 114 ITK à moyen intrant représentatif de conduite du tournesol au niveau du bassin versant

Tournesol 9	Catégorie	Unité	Quantité applique (ha)
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	400
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	400
Semoir	Location de matériels	DH	150
NPK 18-46-00	Engrais	q	3
Ammonitrate 33%	Engrais	q	1,50
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	24
Impact RM TS 9	Fongicides	L	0,5
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	16
Sac emballage occasion	Emballage	un	20
Main d'œuvre Récolte	MO	h	80

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 115. ITK à bas intrant représentatif de conduite de l'arachide au niveau du bassin versant

Arachide 4	**Catégorie**	**Unité**	**Quantité applique (ha)**
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	200
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	150
Main d'œuvre Semis	MO	h	16
Fumier	Engrais	T	6
Ammonitrate 33%	Engrais	q	2
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	24
Gaz	Gaz	Kg	390
Lannatte 20L Arachide 4	Insecticides	L	1
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	16
Main d'œuvre Récolte	MO	h	32

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 116. ITK à bas intrant représentatif de conduite du pois chiche au niveau du bassin versant

Poischiche 41	Catégorie	Unité	Quantité appliquée (ha)
Location de Terre	Location de Terre	DH	3 000
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	350
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	175
Main d'œuvre Labour	MO	h	4
Semnece Pois chiche	Semences	Kg	130
Semoir	Location de matériels	DH	400
Main d'œuvre Semis	MO	h	4
DAP 18-46-00	Engrais	q	1
Eau	Eau	m3	1 080
Main d'œuvre Binage	MO	h	16
Sac emballage Format normale	Emballage	un	20
Entrée pois chiches	Entrée de la marchandise au Souk	un	20
Transport	Transport	ha	0,5
Karaté 2 pois chiche 41	Insecticides	L	1
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	10
Main d'œuvre Récolte	MO	h	10

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 117. ITK à moyen intrant représentatif de conduite du pois chiche au niveau du bassin versant

Poischiche 8	Catégorie	8	Qantité appliquée (ha)
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	800
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	350
Main d'œuvre Semis	MO	h	192
Tractor 10EC Pois chiche 8	Insecticides	L	1
promethion Pois chiche 8	Insecticides	L	1
Reldan 40 EC Pois chiche 8	Insecticides	L	1
Thiogri 70 Pois chiche 8	Fongicides	Kg	1
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	16
Main d'œuvre Récolte	MO	h	192

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 118. ITK à moyen intrant représentatif de conduite du Haricot sec au niveau du bassin versant

Haricot sec 4	Catégorie	Unité	Quantité appliquée (ha)
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	350
Main d'œuvre Semis	MO	h	30
Fumier	Engrais	T	6
Ammonitrate 33%	Engrais	q	1
Sulfate de potasse	Engrais	q	1
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	24
Main d'œuvre Binage	MO	h	16
Gaz	Gaz	Kg	520
NPK 18-46-00	Engrais	q	2
Ridomil MZ68 MG HS 4	Fongicides	Kg	1
Dithane M45 HS 4	Fongicides	Kg	1
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	24
Main d'œuvre Récolte	MO	h	48
Sac d'emballage	Emballage	un	100
Transport sac	Transport	un	100

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 119. ITK à bas intrant représentatif de conduite du Haricot sec au niveau du bassin versant

Haricot sec 54	Catégorie	Unité	Quantité appliquée (ha)
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	350
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	200
Main d'œuvre Labour	MO	h	8
Semence Haricot Sec	Semences	Kg	70
Main d'œuvre Semis	MO	h	160
Fumier	Engrais	T	5
DAP 18-46-00	Engrais	q	1
Ammonitrate 33%	Engrais	q	1
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	24
Eau	Eau	m3	3 500
Sac emballage Format normale	Emballage	un	50
Transport sac	Transport	un	50
Dithan M45 Haricot sec 54	Fongicides	Kg	1
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	24
Main d'œuvre Récolte	MO	h	240

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 120. ITK à bas intrant représentatif de conduite du Haricot vert au niveau du bassin versant

Haricot vert 26	Catégorie	Unité	Quantité appliquée (ha)
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	350
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	400
Main d'œuvre Semis	MO	h	64
Fumier	Engrais	T	4
NPK 18-46-00	Engrais	q	2
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	16
Goutte à goutte	Equipement	DH	3 000
Gaz	Gaz	Kg	650
Uthane Haricot vert 26	Fongicides	L	0,8
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	16
Main d'œuvre Récolte	MO	h	160

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 121. ITK à bas intrant de l'oranger au niveau du bassin versant

Oranger 42	**Catégorie**	**Unité**	**Quantité applique (ha)**
Location de Terre	Location de Terre	DH	3 000
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	300
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	175
Main d'œuvre Labour	MO	h	4
Plant Oranger	Semences	un	240
Main d'œuvre Semis	MO	h	32
NPK 14-28-14	Engrais	q	2
Ammonitrate 33%	Engrais	q	1
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	8
Eau	Eau	m3	12 960
Sac d'emballage	Emballage	un	600
Transport sac	Transport	un	600
Dursban 4 Oranger 42	Insecticides	L	1,5
Aliette Flash Oranger 42	Fongicides	Kg	0,75
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	16
Main d'œuvre Récolte	MO	h	192.00

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 122. ITK à fort intrant de l'oranger au niveau du bassin versant

Oranger 49	Catégorie	Unité	Quantité applique (ha)
Location de Terre	Location de Terre	DH	3 000
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	350
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	175
Main d'œuvre Labour	MO	h	8
Plant Oranger	Semences	un	500
Main d'œuvre Semis	MO	h	80
Fumier	Engrais	T	1
DAP 18-46-00	Engrais	q	5
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	8
Main d'œuvre Binage	MO	h	32
Dursban 4 Oranger 49	Insecticides	L	1
Mesurol 50 WP Oranger 49	Insecticides	Kg	1
Turbo ZM Oranger 47	Fongicides	Kg	1
Ovni XL Oranger 49	Herbicides	L	40
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	16
Eau	Eau	m3	6 000
Sac emballage Format normale	Emballage	un	250
Transport de CAS et BT et autre par camion	Transport	T	25
Main d'œuvre Récolte	MO	h	120
MO Chargement	MO	T	25

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 123. ITK à moyen intrant de l'avocatier au niveau du bassin versant

Avocatier 3	**Catégorie**	**Unité**	**Quantité applique (ha)**
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	500
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	600
Main d'œuvre Semis	MO	h	160
Fumier	Engrais	T	80
Ammonitrate 33%	Engrais	q	0.40
Sulfate de potasse	Engrais	q	0,3
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	16
goutte à goutte	Equipement	DH	15 000
Carburant	Carburant	L	1 946
Arrivo 25 EC Avocatier 3	Insecticides	L	1,00
Lannatte 20L Avocatier 3	Insecticides	L	1,5
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	16
Main d'œuvre Récolte	MO	h	120

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 124. ITK à bas intrant de l'avocatier au niveau du bassin versant

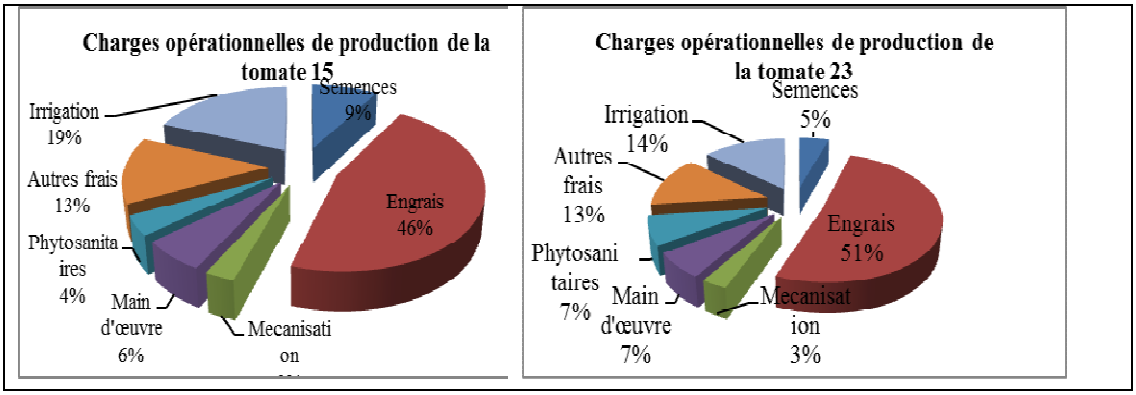
Avocatier 4	**Catégorie**	**Unité**	**Quantité applique (ha)**
Fumier	Engrais	T	5
Ammonitrate 33%	Engrais	q	1
Potasse	Engrais	q	1
Hydrocomplexe (P2O5, K20,SO3)	Engrais	q	0,05
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	16
Gaz	Gaz	Kg	2 340
Lannatte 20L Avocatier 4	Insecticides	L	2
Main d'œuvre Traitement phytosanitaire	MO	h	16
Main d'œuvre Récolte	MO	h	480

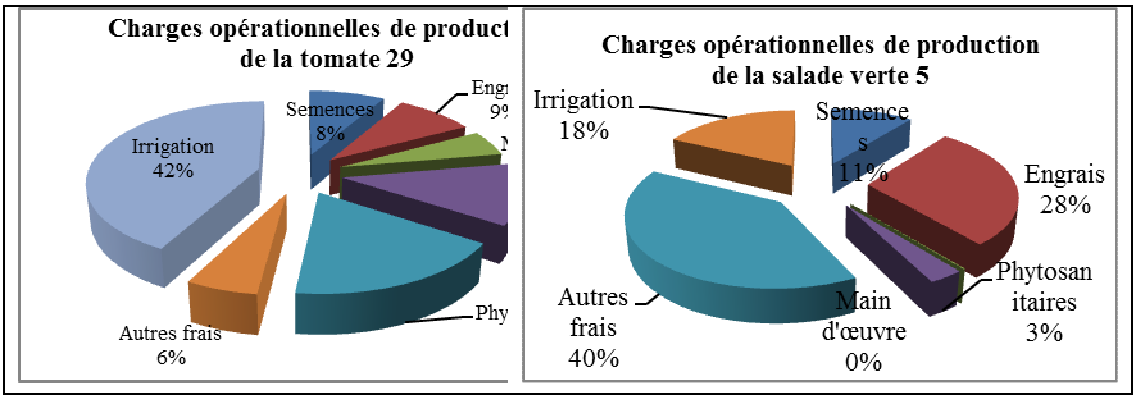
Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

Tableau 125. ITK à bas intrant de la culture de la menthe au niveau du bassin versant

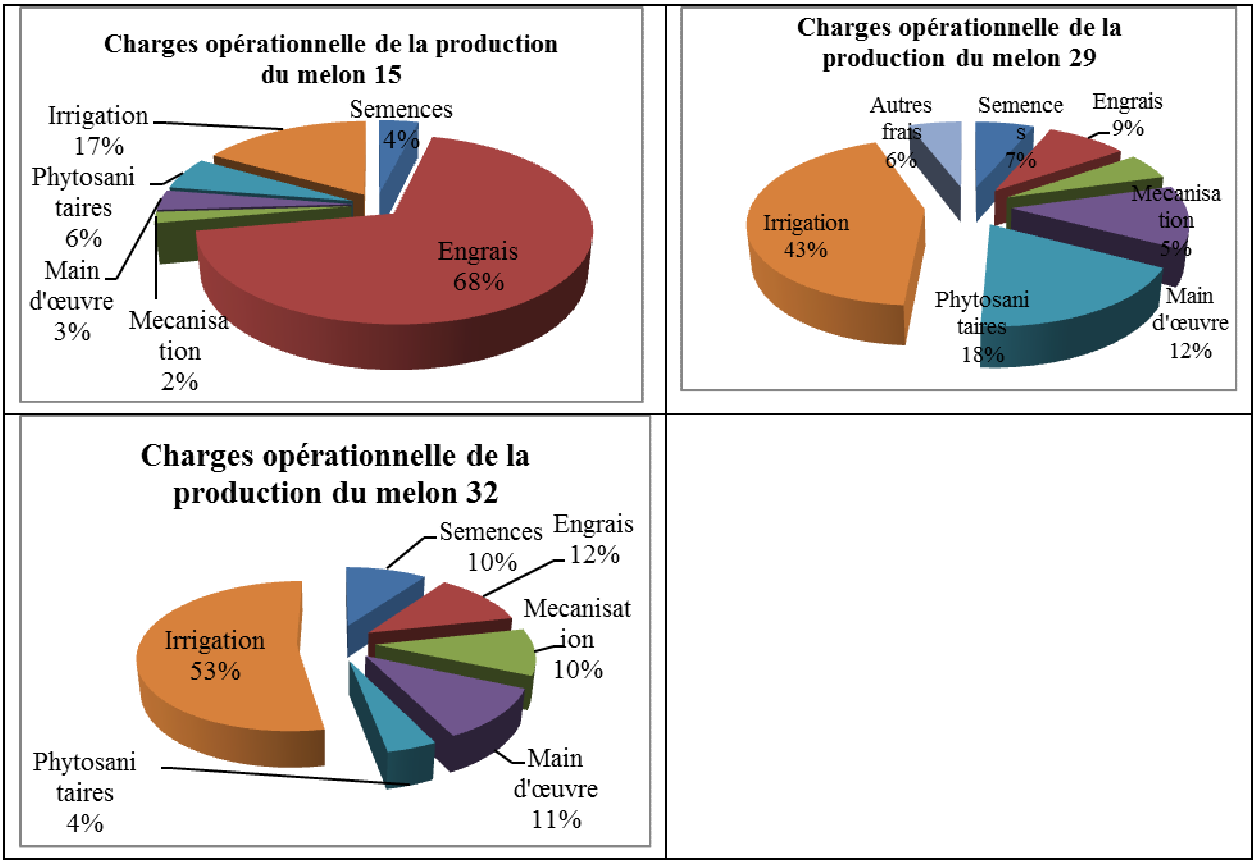
Menthe 58	**Catégorie**	**Unité**	**Quantité appliquée (ha)**
Location de Terre	Location de Terre	DH	3 000
1er Travail du sol	Travail du sol	DH	350
2ème Travail du sol	Travail du sol	DH	175
Main d'œuvre Labour	MO	h	56
Main d'œuvre Semis	MO	h	560
Fumier	Engrais	T	30
Ammonitrate 33%	Engrais	q	3
DAP 18-46-00	Engrais	q	1
Main d'œuvre Fertilisation	MO	h	16
Eau	Eau	m^3	7 000
Main d'œuvre Traitement	MO	h	16
Prolinuron Menthe 58	Herbicides	Kg	15
Main d'œuvre Récolte	MO	h	56

Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

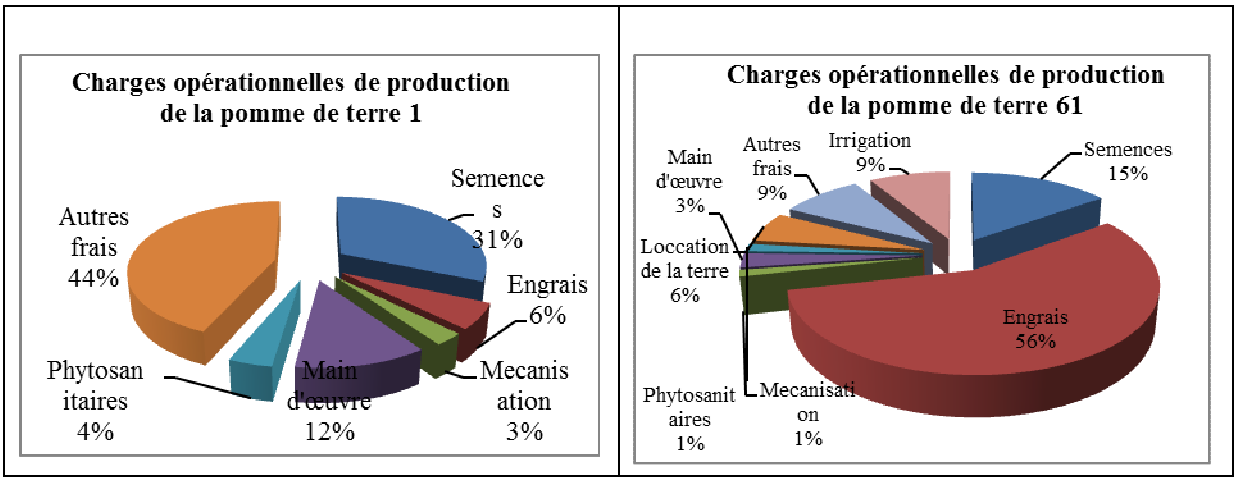




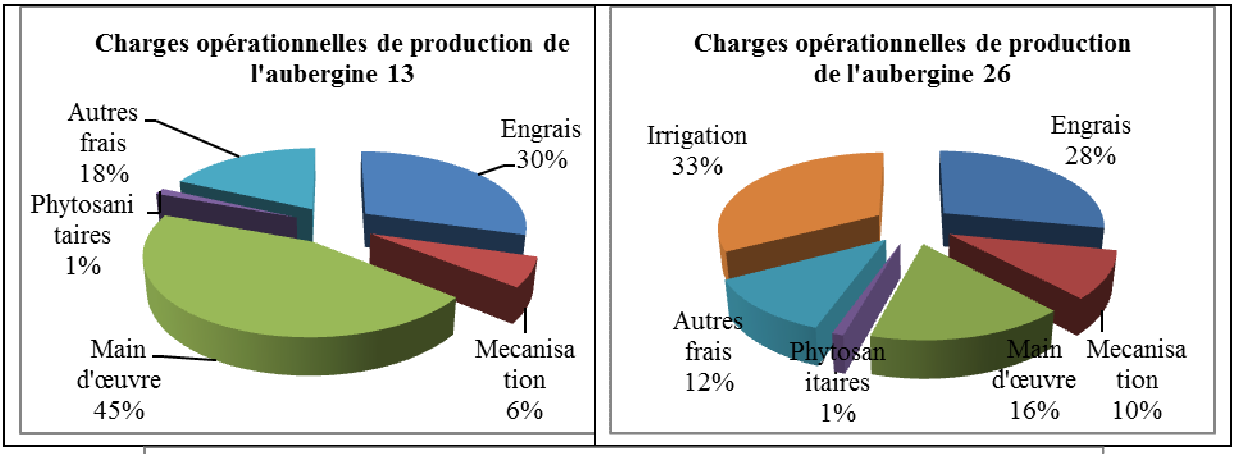
Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

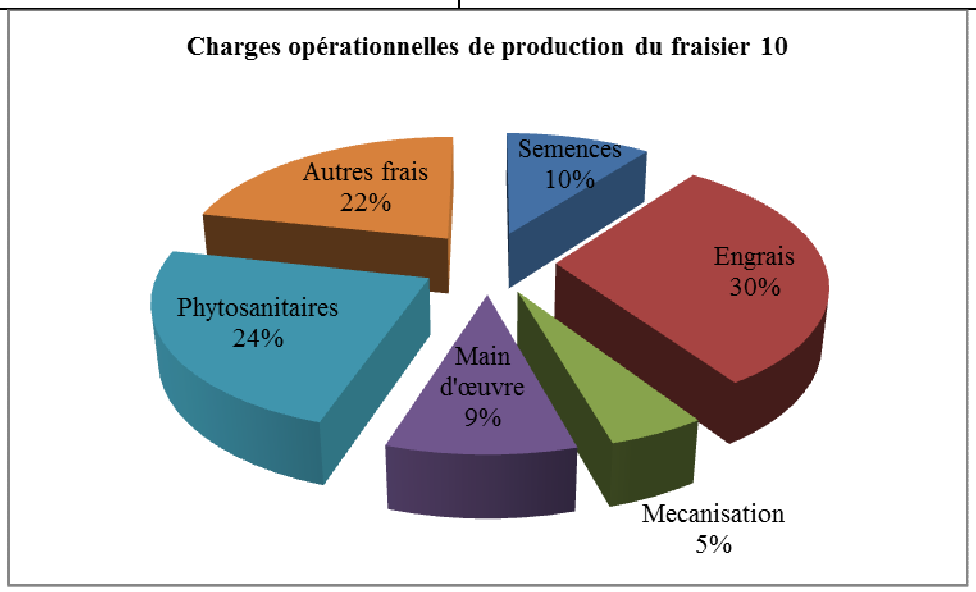


Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

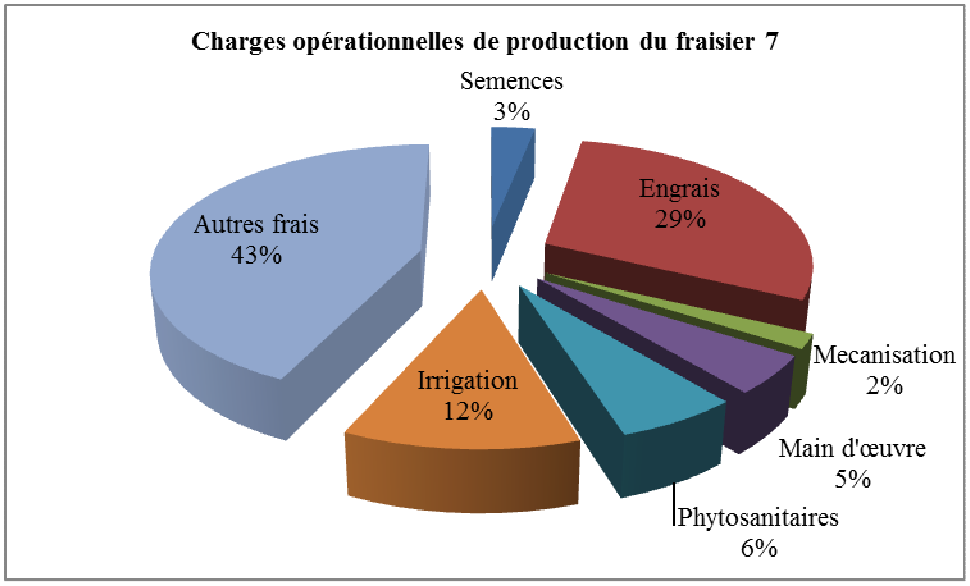


Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

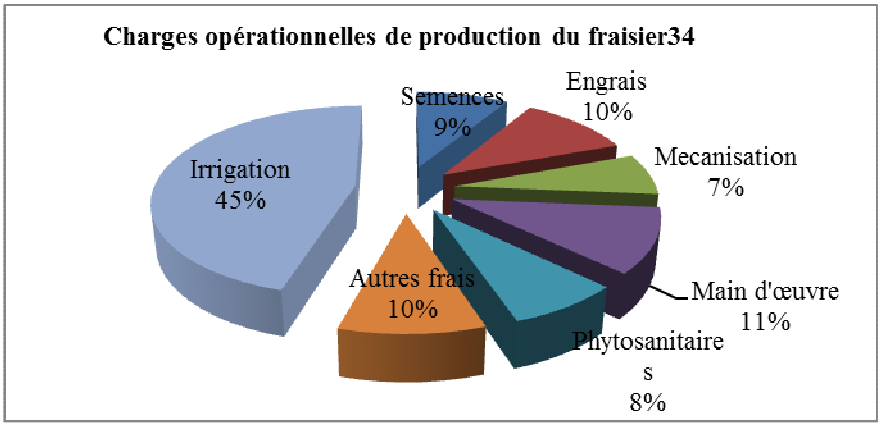




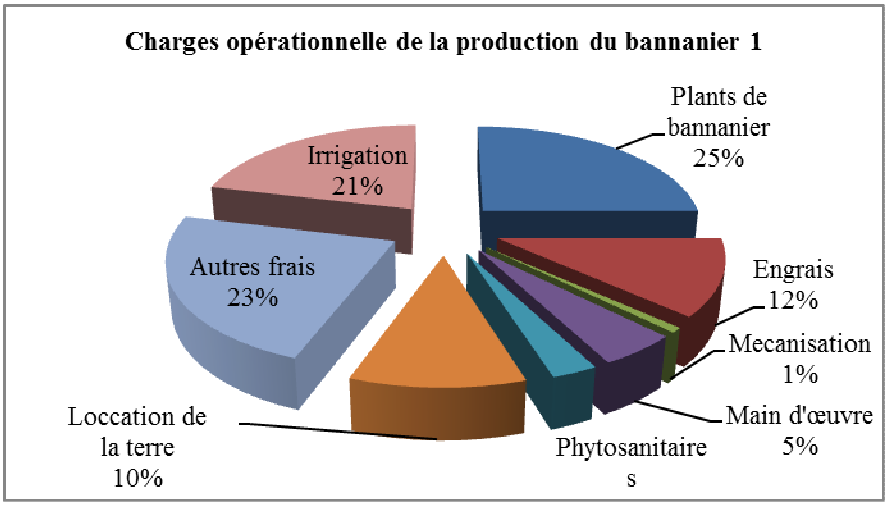
Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012



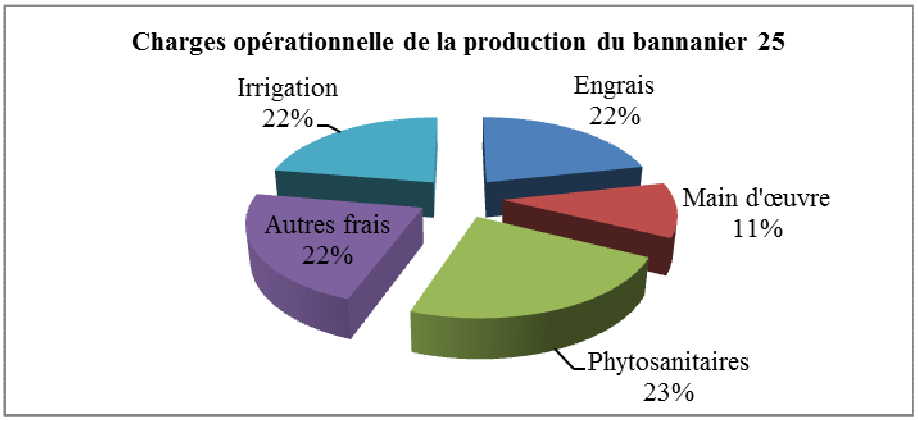
Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012



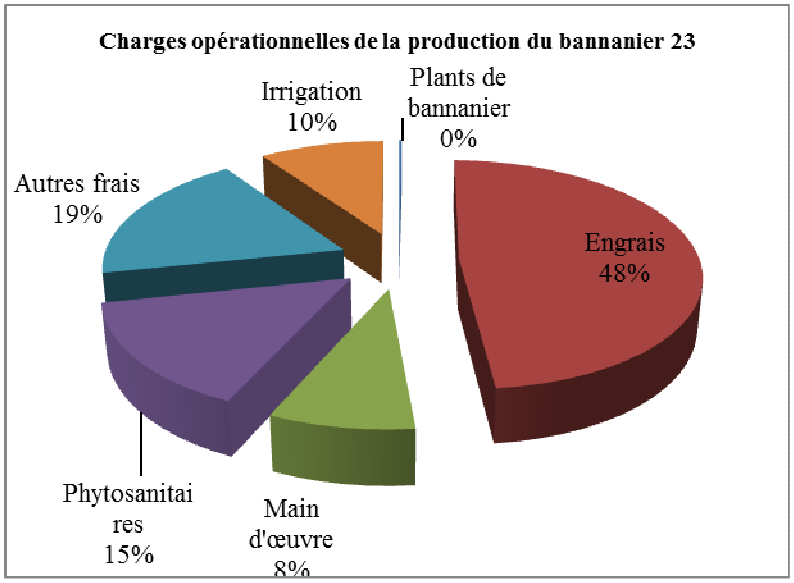
Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012



Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012



Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012



Source : Enquêtes de terrain, Ayadi H., 2011, 2012

ANNEXE 6: TOXICITE HUMAINE DES MATIERES ACTIVES APPLIQUEES AU NIVEAU DU TERRITOIRE DE LA MERJA ZERGA

Tableau 126. Différents insecticides utilisés au niveau des exploitations enquêtées (sources notre Travail)

Nom commercial	**Matière active**	**Dose homologuée**	**Cultures**	**Respect la réglementation (OUI/Non)**
Actara 25 WG	Thiamétoxam	25%	Aubergine 42, Courgette 42, Melon 22, Melon 52, Melon 6, Tomate 22, Tomate 22, Tomate 52,	Agrumes (Mineuse), Melon, Poivron, Tomate (Mouche blanche), Laitue, Melon (Pucerons), Tomate (Pucerons)
Arrivo 25 EC	Cyperméthrine	250g/l	Avocatier 3, Avocatier 21, Frais 61, Maïs grain 24	Betterave à sucre (Casside), Coton (Lépidoptères), Luzerne, Poivron Tomate, (Noctuelles défoliatrices), Betterave à sucre (Cléone mendiant)
Avaunt 150 EC	Indoxacarbe	150g/l	Melon 22, Ban 23, Melon 29, Melon 48, Tomate 18, Tomate 22, Tomate 23, Tomate 29, Tomate 30, Tomate 33, Tomate 55, Tournesol 27	
Axlera 5 G	Carbofuran	5% (dose 20 Kg/ ha	Betterave à sucre 20	BAS (Cléone mendiat et Taupins), Tomate (vers blanc)
Confidor 200 OD	Imidaclopride	200g/l	Pasteque 23, Poivron 23	Agrumes (Mineuse), Tomate et Haricot vert (Mouche blanche et Pucerons), Pommier et Melon (Pucerons), Poivron (Mouche Blanche),
Cypagri	Cyperméthrine		Betterave à sucre 6, Maïs grain 1	Pommier (Pucerons et carpocapse), BAS (Casside et Cléone), Luzerne, Poivron, Tomate et Maïs (Noctuelle défoliatrice),
Cypernar	Cyperméthrine		Pastèque 20	BAS (Casside, Cléone mendiant, Taupins), Tomate (Noctuelle défoliatrice)
Daconil 720 S	Chlorothalonil		Melon 48	PT et Tomate (Mildiou)
Dipel PM	Bacillus Thuringinensis		Fraisier 7, Framboisier 7	Poirier et Pommier (Carpocapse), Tomate (Noctuelle défoliatrice), Olivier (Teigne), Vigne (Tordoeuse de la grappe)

Dursban 4	Chlorpyriphos-éthyl	480g/l	Bananier 25, Bananier 55, BAS 11, Betterave à sucre 19 Betterave à sucre 20, Betterave à sucre 47, Betterave à sucre 6, Blé dur 35, Bersim 19, Bersim 22, 24, 38, Blé tendre 35, Blé tendre 36, Blé tendre 53, Fraisier 62, 10, 34, 60, Oranger 42, 49, poivron 23, Riz 2, Tabac 65, bananier 23	Arbres fruitiers (Carpocapse), Betterave à sucre (Casside), Betterave à sucre (Cléone mendiant), Agrumes (Cochenilles), Tomate (Noctuelles défoliatrices), Betterave à sucre (Prodénia)
Dursban 75 WG	Chlorpyriphos-éthyl	75%	Poischiche 45	Agrumes (Cochenilles), Tomate (Noctuelles défoliatrices)
Fastac 5	Alpha-Cypermethrine		Salade verte 5	Pommier (Carpocapse) Tomate ((Noctuelle défoliatrice), Maïs (Sésamie)
Karaté 2	Lambda-cyhalothrine	2%	Blé tendre 36, Blé tendre 41, fève 41, fraisier 61, Maïs fourrage 41, Maïs fourrage 43, Poichiche 41, Pomme de terre 61	Zones infestées (Criquet pèlerin)
Karaté K 5EC	Alpha-Cypermethrine		Salade verte 5, Maïs grain 5	Pommier (Carpocapse), Betterave à sucre(Casside), Abricotier et Agrumes (Cératite),
Lannate 20L	Méthomyl	200g/l	Salade verte 51, Arachide 28, Arachide 4, Avocatier 3, Avocatier 4, Bananier 23, Bananier 25, Tournesol 27	Asperge, Rosier, Poivron, Poirier, Laitue, Epinards, Courgette, Aubergine (Pucerons)
Limocide	Essence d'orange	60g/l	Fraisier 7, Framboisier 7, Framboisier 60	Vigne (Cicadelles), Melon, Poivron, Tomate (Mouche blanche), Pêcher, Poivron (Pucerons, Fraisier (Thrips)
Mesurol 50 WP	Mercaptodiméthur	50%	Oranger 49	Poirier (Carpocapse), Pommier (Carpocapse), Poirier, Pommier (Mineuse), Pommier, Poirier (Psylle), Poivron, Tomate, Plantes Ornementales (Thrips)
Mocap 10 G	Ethoprophos	100kg/ha	Ban 23, ban 56	Agrumes, Bananier, Cultures maraîchères (Nématodes)
Nemathorin 10G	Fasthiazate		Bananier 1	Bananier (Nématodes)

Pilori 480 EC	Chlorpyriphos-éthyl	480g/l	BAS 47	Pommier (Carpocapse), Betterave à sucre (Casside, Prodénia), Agrumes (Cochenilles)
Préféral	Paecilomyces fumosoroseus		Pasteque 23	Tomate (Mouche blanche)
Proclaim 05 SG	Enamectin benzoate	5%	Bananier 25, Tomate 12, Tomate 23, Tomate 55, Maïs grain 1, Fèverole 46, Poichiche 45,	Haricot vert, Melon, Tomate (Noctuelles défoliatrices),Tomate (Tuta absoluta), Poivron, Concombre, Luzerne (Noctuelles défoliatrices)
Promethion	Diméthoate	400g/l	Tomate 18, Poischiche 8, Posichiche 45	Olivier (Teigne, Psylle, Mouche de l'olive), Plantes Ornementales, Coton (Pucerons)
Reldan 40 EC	Chlorpyriphos méthyl		Pois chiche 8	Agrumes (Cochenilles), Locaux de stockage (Insectes de stockage), Luzerne, Poivron, Tomate (Noctuelles défoliatrices), Noctuelles défoliatrice, Melon (Pucerons
Rugby 10 G	Cadusafos	20g/plant	Bananier 4, Bananier 23, Bananier 54, Bananier 55	Bananier, Tomate (Nématodes)
Salvador 24 SL	Méthomyl		Ban 25	Pommier (Carpocapse Mineuse), Coton Lépidoptères, Luzerne (Lépidoptères), Poirier (Mineuse), Aubergine (Mouche blanche), Poivron Mouche blanche, Tomate (Mouche blanche), Aubergine, Poivron, Tomate (Noctuelles défoliatrices), Noctuelles défoliatrices, Aubergine et Pêcher (Pucerons)
Spendos EC 35			Tomate 12	Carotte, Concombre, Courgette, Melon, Poivron, Tomate (Noctuelles défoliatrices), Carotte, Concombre, Courgette, Poivron, Tomate, Melon (Noctuelles terricoles), Olivier (Mouche de l'olive, Psylle)
Synergy	Chlorpyriphos+ cyperméthrine	(500+50)g/l	Maïs Grain 27, Bananier 56, Tomate 56	Tomate (Mouche blanche, Noctuelles)
Talstar 10 EC	Bifenthrine		Avocatier 21	Haricot vert, Coton, Pommier Acariens), Pommier (Carpocapse), Coton (Lépidoptères), Haricot vert, Tomate (Mouche blanche), Haricot vert (Noctuelles

				défoliatrices, Pucerons)
Tractor 10EC	Alphacypermethrine		Pois chiche 8	Tomate (Noctuelles), Betterave à sucre (Casside, Noctuelles, taupins, Cléone adulte)
Vertimec 018 EC	Abamectin	18g/l	Bananier 25, Bananier 54, Frasier 10, Fraisier 34, Tomate 30, Tomate 32, Tomate 52	Courgette, Fraisier, Haricot vert, Laitue, Mâche, Melon, Pastèque, Plantes aromatiques, Poirier, Pommier, Rosier, Scarole (Acariens), Agrumes, Laitue, Mâche (Mineuse)

Source :Travail Ayadi H., 2012

Tableau 127. Caractéristiques des fongicides utilisés au niveau des exploitations enquêtées.

Nom commercial	**Matière active**	**Dose homologuée**	**Cultures**	**Respect la réglementation (OUI/Non)**
Agrezate	Mancozèbe	80%	Aubergine 26, Aubergine 63, Poivron 26, Poivron 55	Vigne, Tomate (Mildiou)
Aliette Flash	Fosétyl-Aluminium	80%	Avocatier 21, Oranger 42	Poirier, Pommier (Feu Bactérien), Agrumes (Gommose), Pomme de terre (Mildiou)
Antracol combi	Cymoxanil+Propinèbe	(6%+70%)	Pasteque 14	Pomme de terre et tomate (Mildou)
Apache 25 EC	Propiconazole	250 g/l	Pasteque 14	Blé (Rouilles+Septoriose)
Artea 330 EC	Propiconazole+Cyproconazole	(250+80)g/l	BT 46	Blés (Septoriose, Rouilles)
Daconil 720 Sc	Chlorothalonil	720g/l	Melon 22, Daconil 720 Sc Melon 29, Daconil 720 Sc Melon 32, Melon 52, PT1, Tomate 12, Tomate 22, Tomate 29	Pomme de terre, Tomate (Mildiou)
Dithan M 45	Mancozèbe	80%	Aubergine 57, Haricot S 57, Courgette 43, Tournesol 45, Aubergine 63, Haricot sec 54, Haricot Sec 56, PT 61, Tabac 65, Haricot Sec 4, MG27, PT1, Tomate 30, Tomate 33, Tomate 52	
Flint 50 WG	Trifloxystrobine	50%	Frais 61	Fraisier, Melon, Poivron, Pommier, Tomate, Vigne (Oïdium), Pommier (Tavelure), Tomate (Pourriture grise), Tomate Cladosporiose
Galben M	Bénalaxyl+Mancozèbe	(8+65) g/l		BAS 19, BAS 6, PT 1, Tomate 15, Tomate 30, Tomate 33, Tomate 55, Melon 15, PT 61, Tomate 52
Impact RM	Flutriafol+Carbendazime	(117,5+250)g/l	Aubergine 57, Ban 25, BAS 20, BAS 6, BD 35, BD6, Bersim 19, Bersim 22,	Betterave à sucre Cercosporiose), Blés (Rouille brune, Rouille jaune,

			Bersim 35, BT 36, BT 38, BT 39, BT 45, BT 53, BT28, BT35, BT9, CAS 14, CAS 37, Fraise 34, Fraisier 60, Haricot S 57, Riz 2, TS 9	Septoriose)
Laskor 50 PM	Carbendazime	50%	Melon 16, Arachide 50	Tomate, Vigne (Botrytis), Poirier, Pommier (Maladies de conservation), Abricotier, Pêcher, Poirier, Pommier (Moniliose), Abricotier, Pêcher, Poirier, Pommier, Rosier, Tomate, Vigne (Oïdium)
Orsalis 5 SC	Hexaconazole	50 g/l	Melon 22, Tomate 22	Tomate, Courgette, Melon, Vigne (Oïdium)
Ortiva 25 EC	Azoxystrobine	250g/l	Fraisier 7, Framboisier 62, Framboisier 60, Framboisier 7	Tomate (Alternariose), Haricot vert, Melon, Courgette, Cucurbitacées, Laitue, Melon (Mildiou),Vigne (Mildiou), Courgette, Cucurbitacées, Fraisier, Melon, Poivron, Tomate, Vigne (Oïdium)
Pelt 44 PM	Thiophanate-méthyl	70%	Bananier 23, Bananier 25, Bananier 56, Bananier 55	Haricot vert (Anthracnose), Betterave à sucre (Cercosporiose), Melon, Poivron, Rosier, Tomate (Fusariose), Abricotier, Pêcher, Poirier, Pommier (Moniliose), Abricotier, Melon, Pêcher, Poirier, Poivron (Oïdium)
Previcur Energy 840 SL	Propamocarbe HCl+Foséthyl Al	530 g/L+ 310 g/L	Pasteque 23, Tomate 23	Tomate, Melon (Fonte des semis et Pourriture du collet)
Priori Top	Azoxystrobine + Difenoconazole	(200 + 125) g/l	Bananier 1	Melon, Tomate, Frasier (Oïdium)
Punch C	Flusilazole + Carbendazime	(250+125)g/l	BAS 6	Betterave à sucre (Cercosporiose), Blés Rouilles et Septorio
Pyrus	Pyrimethanil	400g/l	Fraisier 62	Carotte, Concombre, Fraisier, Pomme de terre, Tomate, Courgette, Haricot vert, Melon, Tomate (Anthracnose), Vigne Black-rot, Semences de blés (Caries), Betterave à sucre (Cercosporiose), Semences d'avoine Charbon, Vigne (Excoriose), Blés (Fusariose)
Revus 250 SC	Mandipropamid	250 g/l	Laitue 5	Pomme de terre et Tomate (Mildou)
Ridomil Gold MZ 68 WG	Mancozèbe+Méfénoxame	(64+4) %	PT 61,Haricot Sec 4, PT 1, Tomate 55	
Score 250 EC	Difénoconazole	250 g/l	Bananier 1, Bananier 23, Bananier 25, Bananier 4,Tomate 30,Tomate 33	Asperge, Laitue Pomme de terre, Tomate, Plantes aromatiques (Alternariose), Abricotier, Tomate (Oïdium), Betterave à sucre (Cercosporiose), Asperge, Haricot vert

				Rouilles, Pommier (Tavelure), Olivier (Œil de paon)
Signum WG	Boscalid+Pyraclostrobine	(26,7+ 6,7)%	Fraisier 7, Framboisier 60, Framboisier 7, SV 5, Laitue 51	
Soproxyde FLO	Hydroxyde de cuivre	36%	Tomate 30, Tomate 33	Pomme de terre, Tomate (Alternariose), Tomate (Bactériose), Pomme de terre, Tomate , Vigne (Mildiou), Olivier (Œil de paon), Agrumes (Pourriture brune)
Switch 62.5 WG	Fludioxonil + Cyprodinil	(250 + 375) g/kg	Laitue 51	Fraisier, Haricot vert, Laitue, Scarole, Tomate, Vigne (Botrytis), Laitue (Pourriture du collet), Scarole Pourriture du collet
Systhane 12 E	Myclobutanil	125g/l	Melon 29,Tomate 29, Fraisier 61	Rosier, Tomate, Vigne, Pommier (Oïdium),
Teldor 50 WG	Fenhexamid	500 g/kg	Fraisier 62, Framboisier 62	Fraisier Haricot vert Tomate Vigne (Botrytis), Pêcher (Moniliose)
Thiogri 70	Thiophanate-méthyl	70%	Féverole 46, Melon 16, Pois chiche 45, Pois chiche 8, Tournesol 6	Haricot vert (Anthracnose), Betterave à sucre (Cercosporiose), Melon, Poivron, Rosier, Tomate (Fusariose), Poirier, Pommier (Moniliose), Pommier, Abricotier, Melon, Pêcher, Poirier, Poivron, Pommier (Oïdium)
Topas 100 EC	Penconazole	100 g/l	Melon 15, Melon 22, Pasteque 14, Pasteque 31, Tomate 15, Tomate 22	Concombre, Cornichons, Courgette, Melon, Tomate, Vigne (Oïdium)
Topenco 100 EC	Penconazole	100 g/l	Melon 15, Melon 22, Pasteque 14, Pasteque 31, Tomate 15, Tomate 22, Melon 15, Tomate 15	Melon, Tomate, Vigne (Oïdium)
Turbo ZM	Mancozèbe	80%	Oranger 47, Tomate 55	Carotte, Concombre, Fraisier, Pomme de terre, Tomate (Alternariose), Courgette, Haricot vert, Melon, Tomate

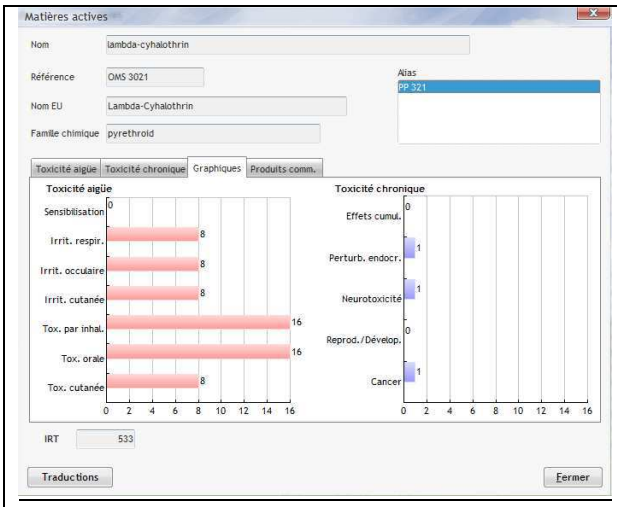
Source : Travail Ayadi H., 2012

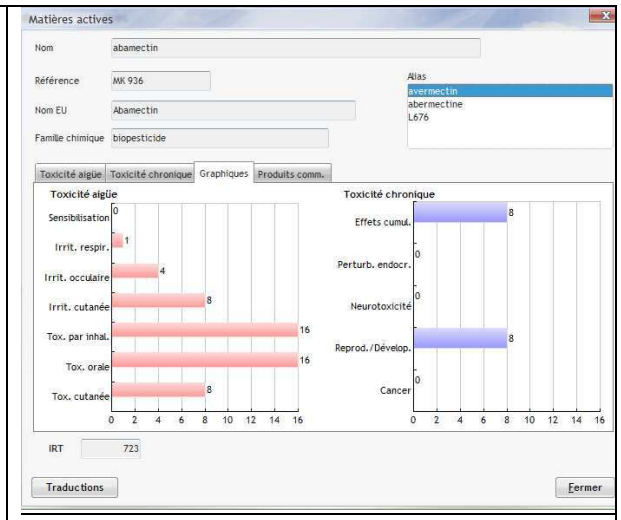
Tableau 128. Herbicides utilisés sur les cultures du bassin versant de la Merja Zerga

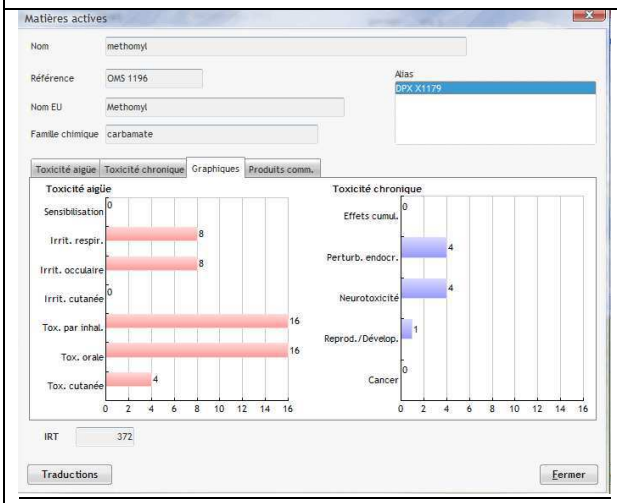
Nom commercial	**Matière Active**	**Concentration par produit comercial**	**Cultures**
Al Fahd mix	2,4 D (acide sels ammonium) +MCPA	(240+240) g/l	Blé tendre 45
Butisan S	Butisan S_Métazachlor	500 g/l	Salade verte 5
Clincher 200 EC	Cyhalofop butyl	200g/l	Riz 2
Devrinol FL	Napropamide	450g/l	Salade verte 5
El Afrit 200	2,4 D (ester butylglycol)	200g/l	Blé tendre 39, Blé tendre 48, Canne à sucre 44 et Canne à sucre 45
Fusilade super	Fusilade super_Fluazifop_P_butyl	125g/l	Betterave à sucre 20
Gallant super	Haloxyfop-R méthyl	104g/l	Fève 41
Goltix 70 WG	Métamitrone	0,70g/l	Salade verte 5
Gramoxone	Paraquat	200g/l	Fraisier 61 et Fraisier 62
Hussar evolution	Fénoxaprop-ethyl+Indosulfuron sodium+Mefenpyr diethyl	(64+8+24) g/l	Blé tendre 46
Lumax 537.5 SE	Mesotrione+s. métolachlore+terbutylazine	(37,5+375+125) g/l	Canne à sucre 38, Canne à sucre 40, Canne à sucre 36, Canne à sucre 43, Canne à sucre 45
Menjel 24 EC	2,4 D (ester butylglycol)	240g/l	Blé tendre 48
Mustang 306 SE	2,4 D (équivalent acide)+Florasulam	(300+6,25) g/l	Blé tendre 14, Canne à sucre 46
Ovni XL	Glyphosate+Oxyfluorfen	(360+30)g/l	Oranger 49 et 43
Printazol 75	2,4 D+2,4-MCPA	(330+285)g/l	Blé dur 6, Blé dur 59, Blé tendre 36, Blé tendre 38, Blé tendre 46, Blé tendre 43, Blé tendre 45, Blé tendre 52, Blé tendre 53, Blé tendre 59, Blé tendre 28, Blé tendre 6, Blé tendre 9, Canne à sucre 46, Riz 2
Prolinuron	Linuron	50%	Arachide 64, Aubergine 42, Coriandre 58, Courgette 42, Menthe 58
Roundup CAS 8	Glyphosate	360g/l	Canne à sucre 8
Topik 080 EC	Clodinafop propagyl+ Cloquintocel méxyl (safener)	(80+20) g/l	Blé dur 6, Blé tendre 6, Blé tendre 28, Blé tendre 43, Blé tendre 46

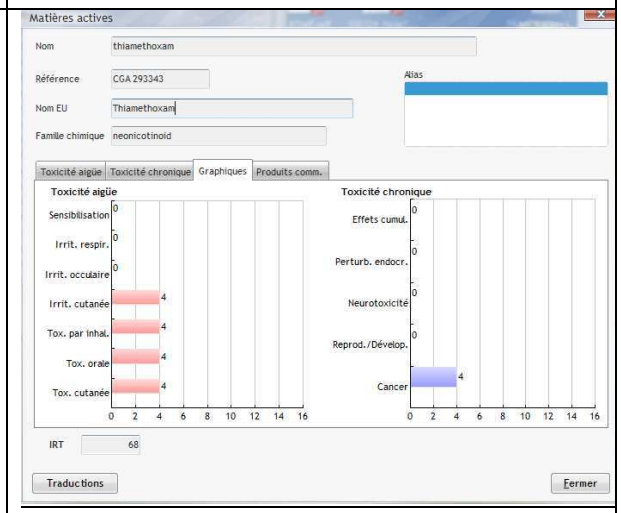
Source : Travail d'Ayadi H., 2012

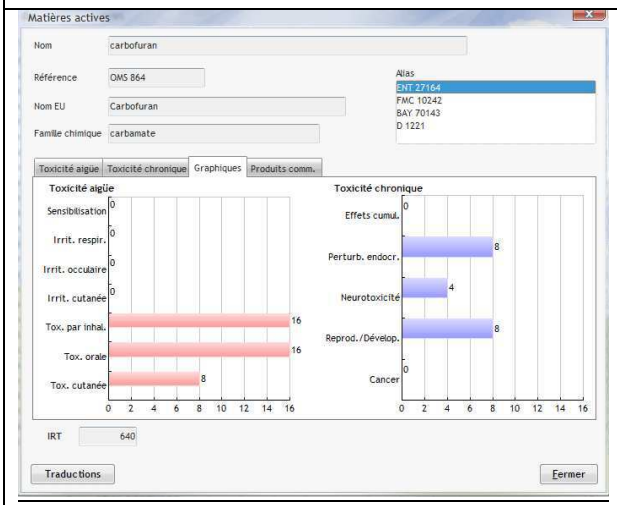
Tableau 129. Indice de risque des matières actives (IRT) utilisées au niveau du territoire de la Merja Zerga

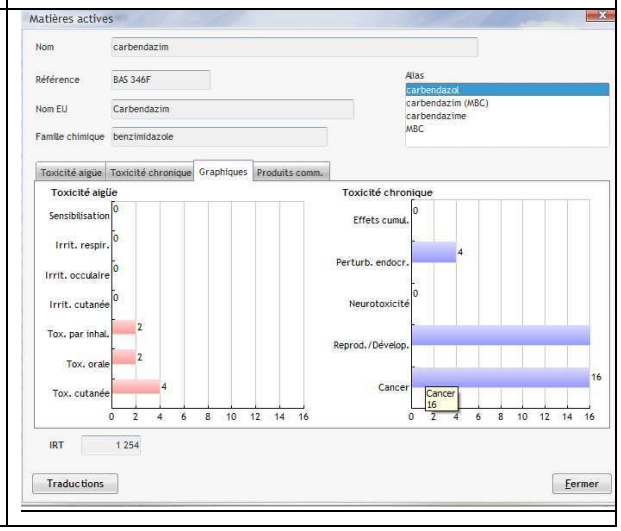

Matières actives
Nom
lambda-cyhalothrin
Référence
OMS 3021
Nom EU
Lambda-Cyhalothrin
Famille chimique
pyrethroid
Alias
PP 321
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
533
Traductions
Fermer

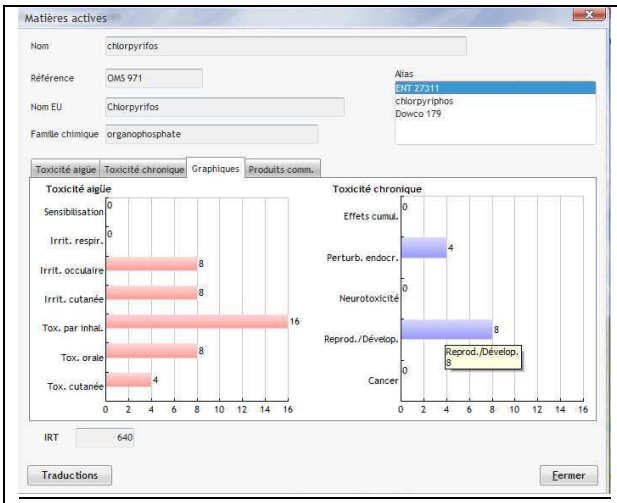

Matières actives
Nom
abamectin
Référence
MK 936
Nom EU
Abamectin
Famille chimique
biopesticide
Alias
avermectin
abermectine
L676
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
723
Traductions
Fermer

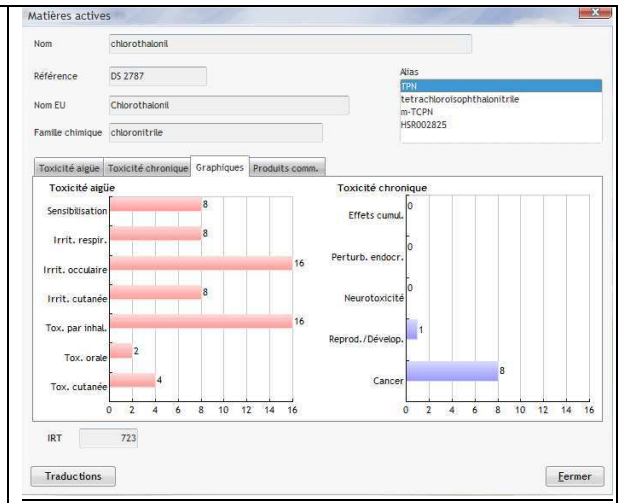

Matières actives
Nom
methomyl
Référence
OMS 1196
Nom EU
Methomyl
Famille chimique
carbamate
Alias
DPX X1179
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
372
Traductions
Fermer

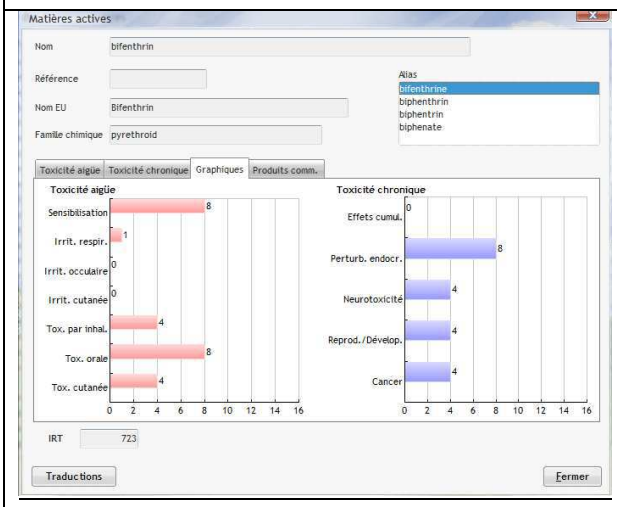

Matières actives
Nom
thiamethoxam
Référence
CGA 293343
Nom EU
Thiamethoxam
Famille chimique
neonicotinoid
Alias
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
68
Traductions
Fermer

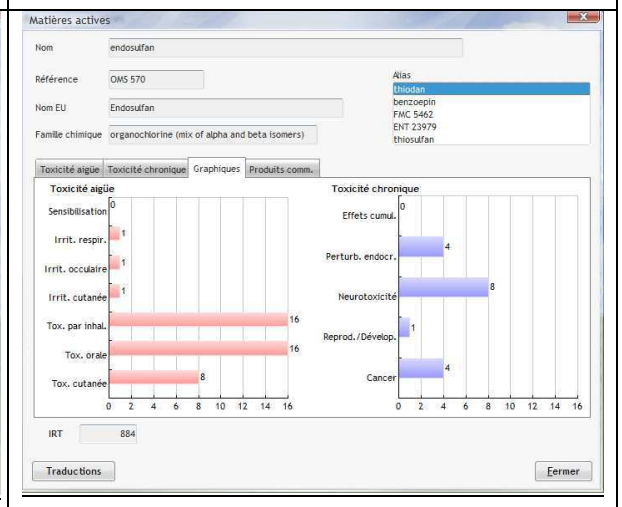

Matières actives
Nom
carbofuran
Référence
OMS 864
Nom EU
Carbofuran
Famille chimique
carbamate
Alias
ENT 27164
FMC 10242
BAY 70143
D 1221
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
640
Traductions
Fermer

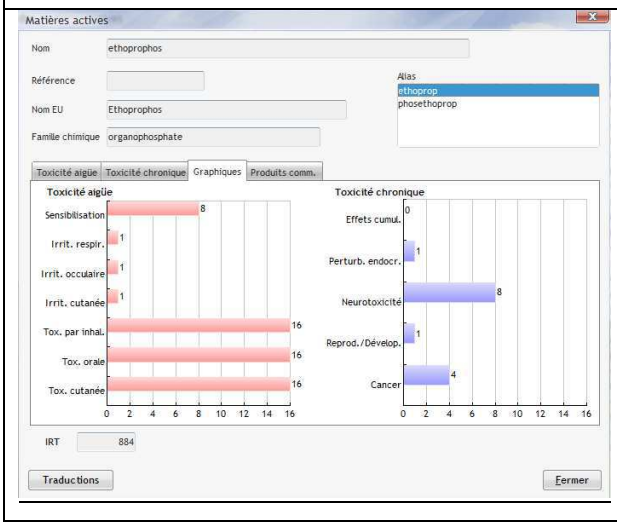

Matières actives
Nom
carbendazim
Référence
BAS 346F
Nom EU
Carbendazim
Famille chimique
benzimidazole
Alias
carbendazol
carbendazim (MBC)
carbendazime
MBC
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
Cancer
16
IRT
1 254
Traductions
Fermer

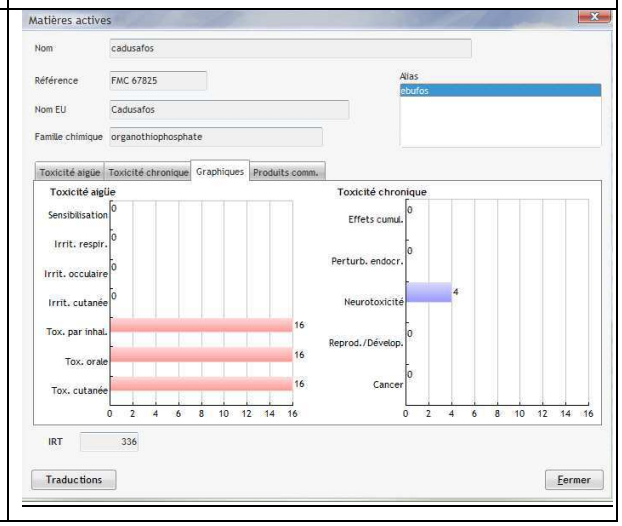

Matières actives
Nom
chlorpyrifos
Référence
OMS 971
Nom EU
Chlorpyrifos
Famille chimique
organophosphate
Alias
ENT 27311
chlorpyriphos
Dowco 179
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Toxicité chronique
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
Reprod./Dévelop.
8
IRT
640
Traductions
Fermer

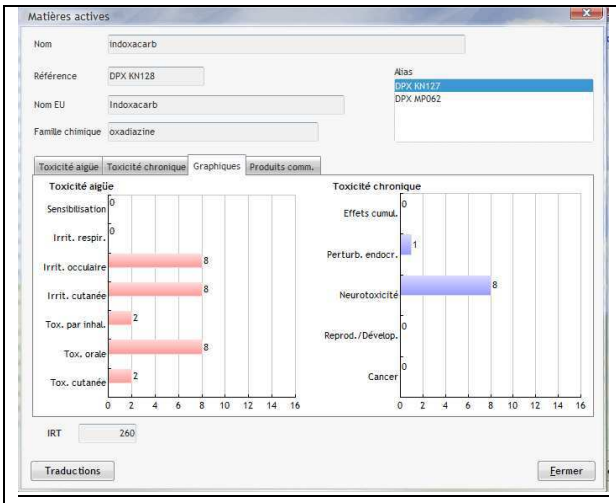

Matières actives
Nom
chlorothalonil
Référence
DS 2787
Nom EU
Chlorothalonil
Famille chimique
chloronitrile
Alias
TPN
tetrachloroisophthalonitrile
m-TCPN
HSR002825
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Toxicité chronique
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
723
Traductions
Fermer

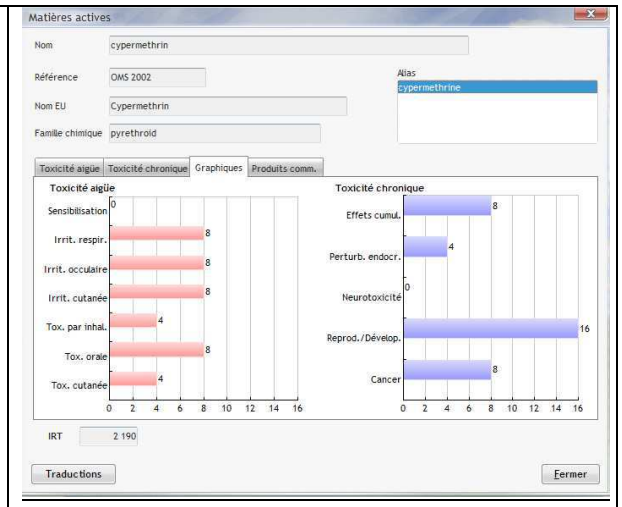

Matières actives
Nom
bifenthrin
Référence
Nom EU
Bifenthrin
Famille chimique
pyrethroid
Alias
bifenthrine
biphenthrin
biphentrin
biphenate
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Toxicité chronique
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
723
Traductions
Fermer

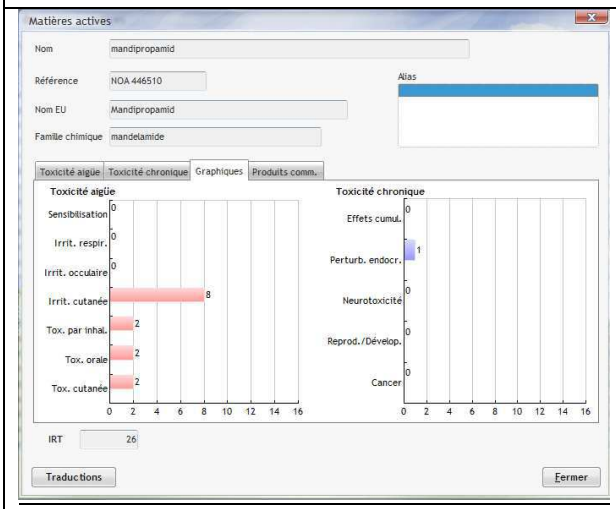

Matières actives
Nom
endosulfan
Référence
OMS 570
Nom EU
Endosulfan
Famille chimique
organochlorine (mix of alpha and beta isomers)
Alias
thiodan
benzoepin
FMC 5462
ENT 23979
thiosulfan
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Toxicité chronique
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
884
Traductions
Fermer

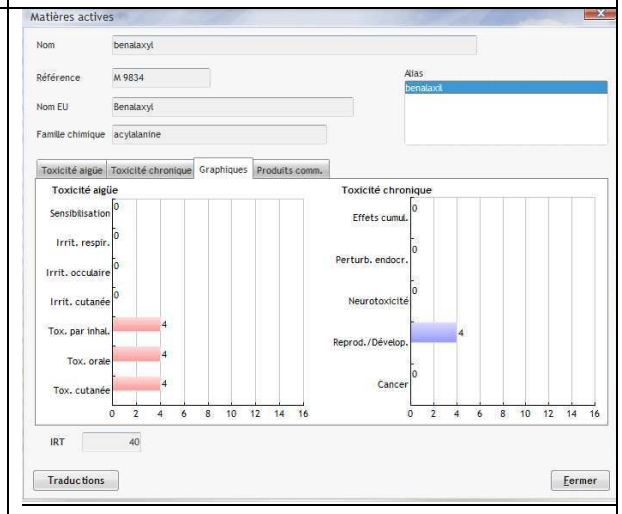

Matières actives
Nom
ethoprophos
Référence
Nom EU
Ethoprophos
Famille chimique
organophosphate
Alias
ethoprop
phosethoprop
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Toxicité chronique
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
884
Traductions
Fermer

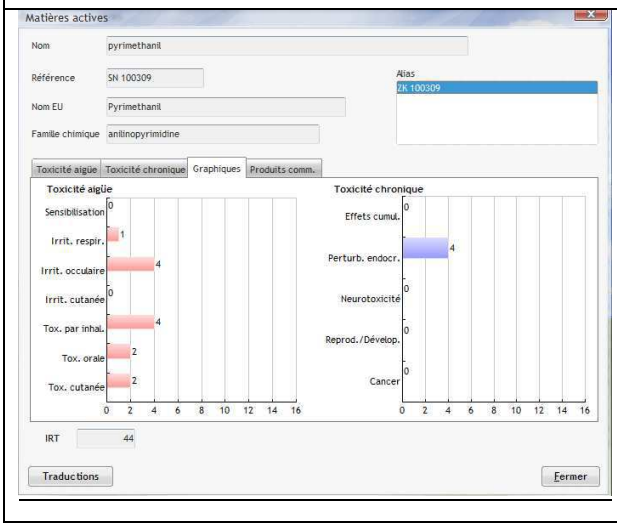

Matières actives
Nom
cadusafos
Référence
FMC 67825
Nom EU
Cadusafos
Famille chimique
organothiophosphate
Alias
ebufos
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Toxicité chronique
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
336
Traductions
Fermer

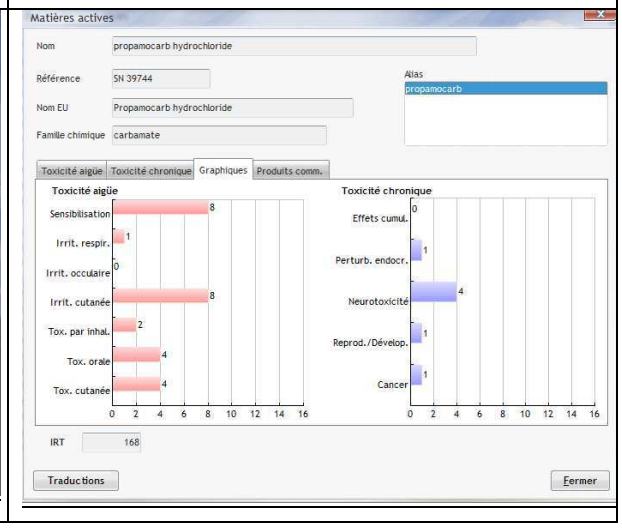

Matières actives
Nom
indoxacarb
Référence
DPX KN128
Nom EU
Indoxacarb
Famille chimique
oxadiazine
Alias
DPX KN127
DPX MP062
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Toxicité chronique
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
260
Traductions
Fermer

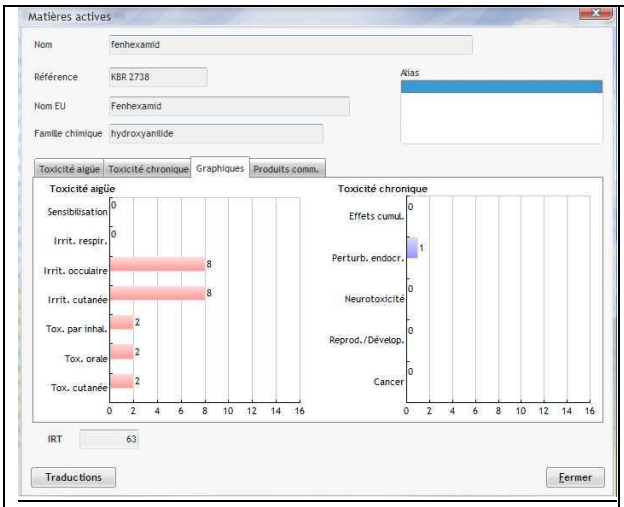

Matières actives
Nom
cypermethrin
Référence
OMS 2002
Nom EU
Cypermethrin
Famille chimique
pyrethroid
Alias
cypermethrine
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Toxicité chronique
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
2 190
Traductions
Fermer

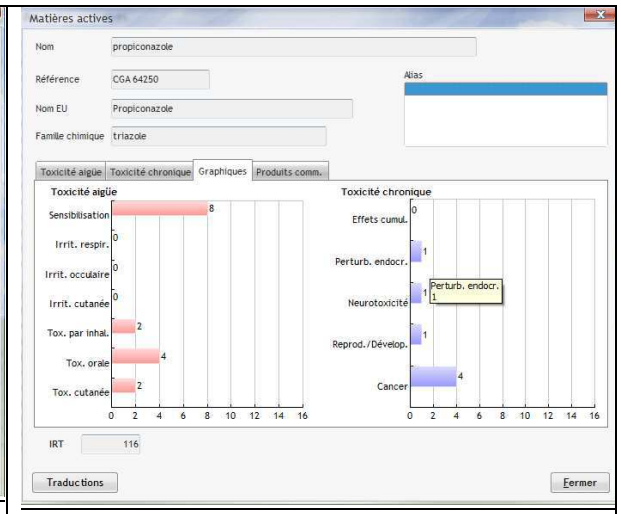

Matières actives
Nom
mandipropamid
Référence
NOA 446510
Nom EU
Mandipropamid
Famille chimique
mandelamide
Alias
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Toxicité chronique
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
26
Traductions
Fermer

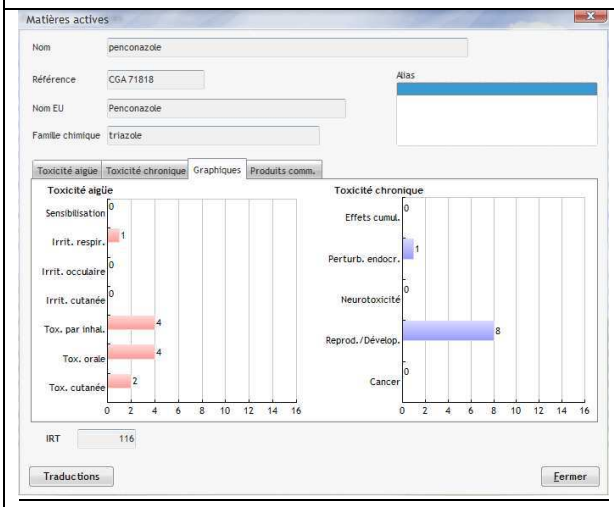

Matières actives
Nom
benalaxyl
Référence
M 9834
Nom EU
Benalaxyl
Famille chimique
acylalanine
Alias
benalaxil
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Toxicité chronique
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
40
Traductions
Fermer

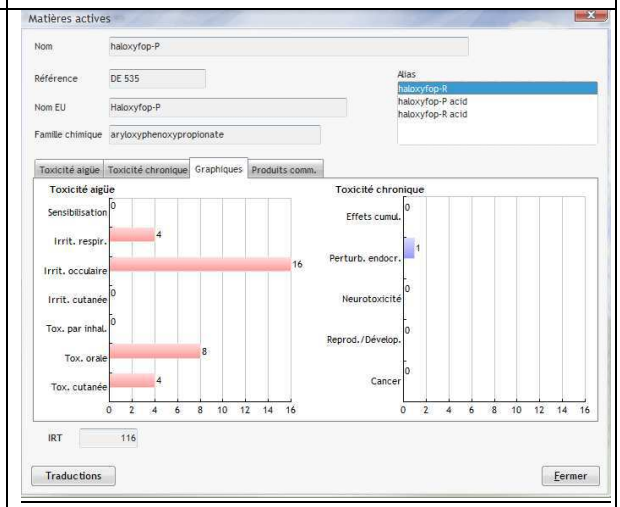

Matières actives
Nom
pyrimethanil
Référence
SN 100309
Nom EU
Pyrimethanil
Famille chimique
anilinopyrimidine
Alias
ZK 100309
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Toxicité chronique
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
44
Traductions
Fermer

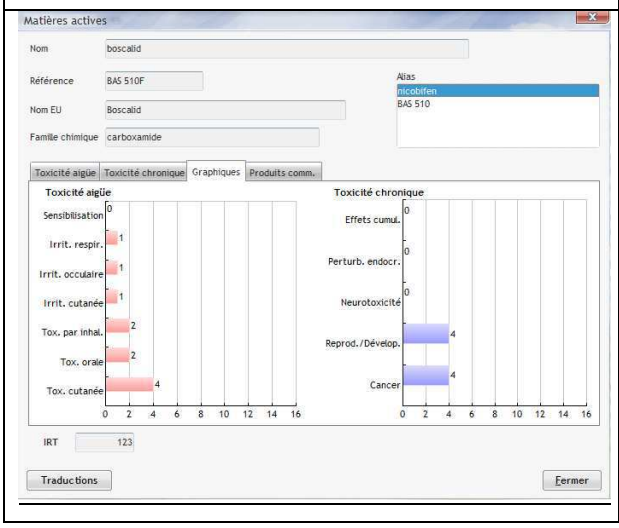

Matières actives
Nom
propamocarb hydrochloride
Référence
SN 39744
Nom EU
Propamocarb hydrochloride
Famille chimique
carbamate
Alias
propamocarb
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Toxicité chronique
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
168
Traductions
Fermer

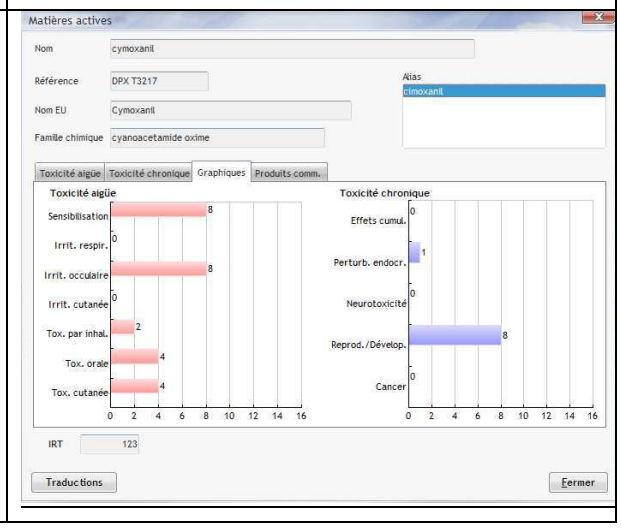

Matières actives
Nom fenhexamid
Référence KBR 2738
Nom EU Fenhexamid
Famille chimique hydroxyanilide
Alias
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation 0
Irrit. respir. 0
Irrit. occulaire 8
Irrit. cutanée 8
Tox. par inhal. 2
Tox. orale 2
Tox. cutanée 2
Effets cumul. 0
Perturb. endocr. 1
Neurotoxicité 0
Reprod./Dévelop. 0
Cancer 0
IRT 63
Traductions
Fermer

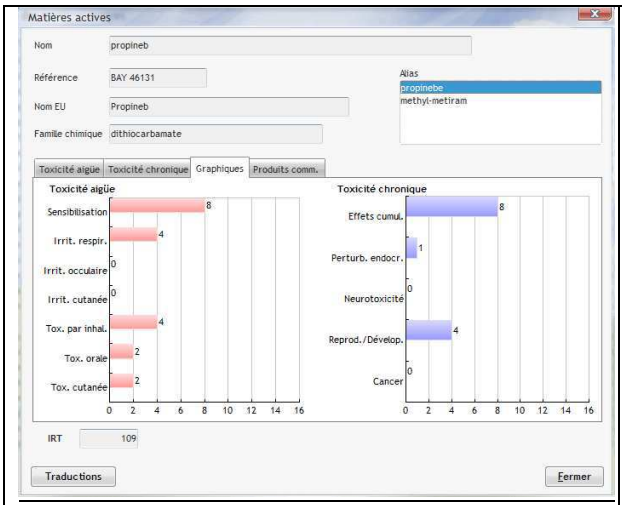

Matières actives
Nom propiconazole
Référence CGA 64250
Nom EU Propiconazole
Famille chimique triazole
Alias
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation 8
Irrit. respir. 0
Irrit. occulaire 0
Irrit. cutanée 0
Tox. par inhal. 2
Tox. orale 4
Tox. cutanée 2
Effets cumul. 0
Perturb. endocr. 1
Neurotoxicité 1
Reprod./Dévelop. 1
Cancer 4
Perturb. endocr. 1
IRT 116
Traductions
Fermer

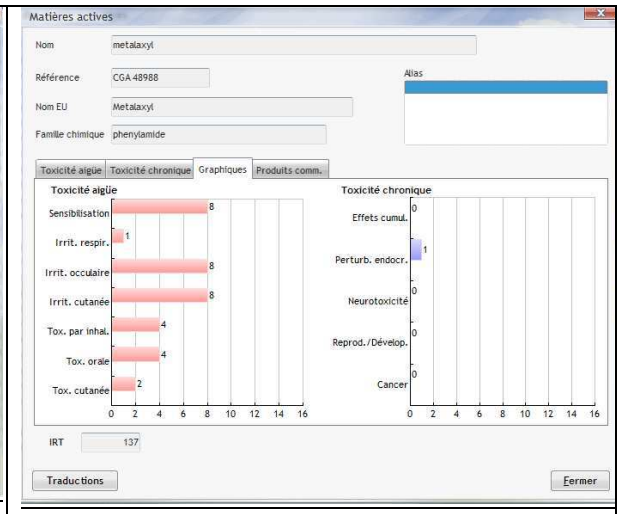

Matières actives
Nom penconazole
Référence CGA 71818
Nom EU Penconazole
Famille chimique triazole
Alias
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation 0
Irrit. respir. 1
Irrit. occulaire 0
Irrit. cutanée 0
Tox. par inhal. 4
Tox. orale 4
Tox. cutanée 2
Effets cumul. 0
Perturb. endocr. 1
Neurotoxicité 0
Reprod./Dévelop. 8
Cancer 0
IRT 116
Traductions
Fermer

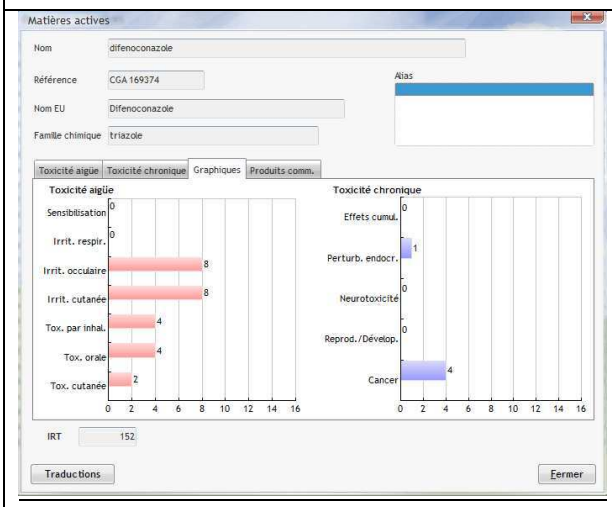

Matières actives
Nom haloxyfop-P
Référence DE 535
Nom EU Haloxyfop-P
Famille chimique aryloxyphenoxypropionate
Alias
haloxyfop-R
haloxyfop-P acid
haloxyfop-R acid
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation 0
Irrit. respir. 4
Irrit. occulaire 16
Irrit. cutanée 0
Tox. par inhal. 0
Tox. orale 8
Tox. cutanée 4
Effets cumul. 0
Perturb. endocr. 1
Neurotoxicité 0
Reprod./Dévelop. 0
Cancer 0
IRT 116
Traductions
Fermer

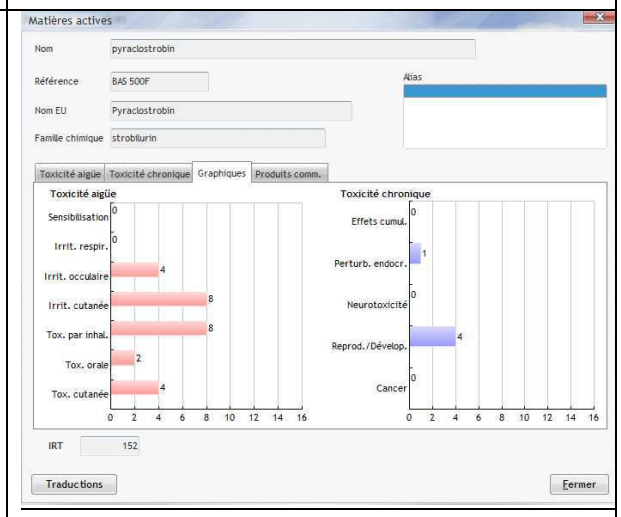

Matières actives
Nom boscalid
Référence BAS 510F
Nom EU Boscalid
Famille chimique carboxamide
Alias
nicobifen
BAS 510
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation 0
Irrit. respir. 1
Irrit. occulaire 1
Irrit. cutanée 1
Tox. par inhal. 2
Tox. orale 2
Tox. cutanée 4
Effets cumul. 0
Perturb. endocr. 0
Neurotoxicité 0
Reprod./Dévelop. 4
Cancer 4
IRT 123
Traductions
Fermer

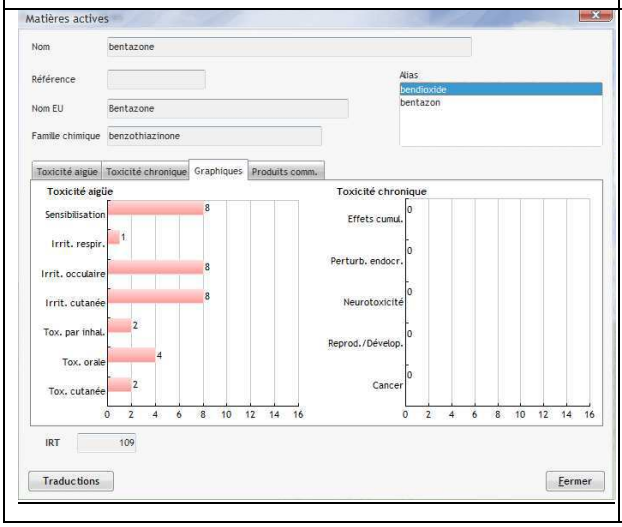

Matières actives
Nom cymoxanil
Référence DPX T3217
Nom EU Cymoxanil
Famille chimique cyanoacetamide oxime
Alias
cimoxanil
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation 8
Irrit. respir. 0
Irrit. occulaire 8
Irrit. cutanée 0
Tox. par inhal. 2
Tox. orale 4
Tox. cutanée 4
Effets cumul. 0
Perturb. endocr. 1
Neurotoxicité 0
Reprod./Dévelop. 8
Cancer 0
IRT 123
Traductions
Fermer

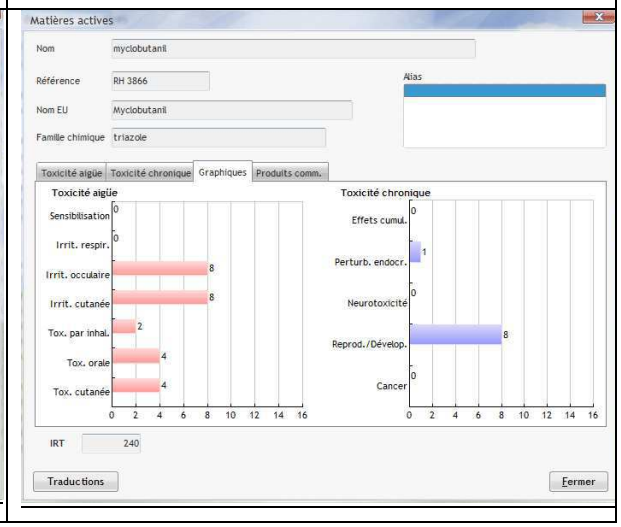

Matières actives
Nom propineb
Référence BAY 46131
Nom EU Propineb
Famille chimique dithiocarbamate
Alias
propinebe
methyl-metiram
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation 8
Irrit. respir. 4
Irrit. occulaire 0
Irrit. cutanée 0
Tox. par inhal. 4
Tox. orale 2
Tox. cutanée 2
Toxicité chronique
Effets cumul. 8
Perturb. endocr. 1
Neurotoxicité 0
Reprod./Dévelop. 4
Cancer 0
IRT 109
Traductions
Fermer

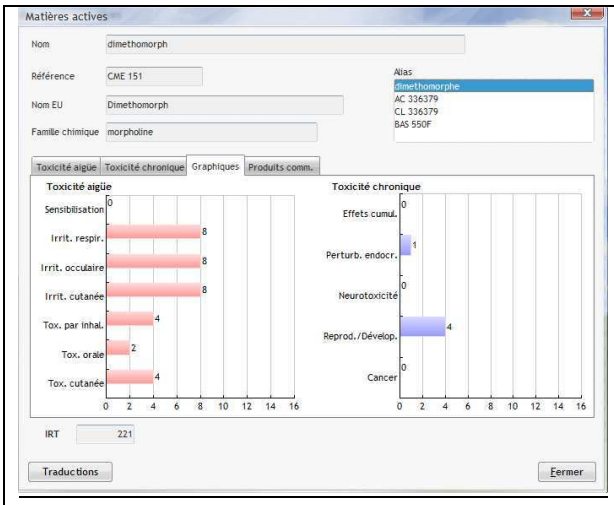

Matières actives
Nom metalaxyl
Référence CGA 48988
Nom EU Metalaxyl
Famille chimique phenylamide
Alias
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation 8
Irrit. respir. 1
Irrit. occulaire 8
Irrit. cutanée 8
Tox. par inhal. 4
Tox. orale 4
Tox. cutanée 2
Toxicité chronique
Effets cumul. 0
Perturb. endocr. 1
Neurotoxicité 0
Reprod./Dévelop. 0
Cancer 0
IRT 137
Traductions
Fermer

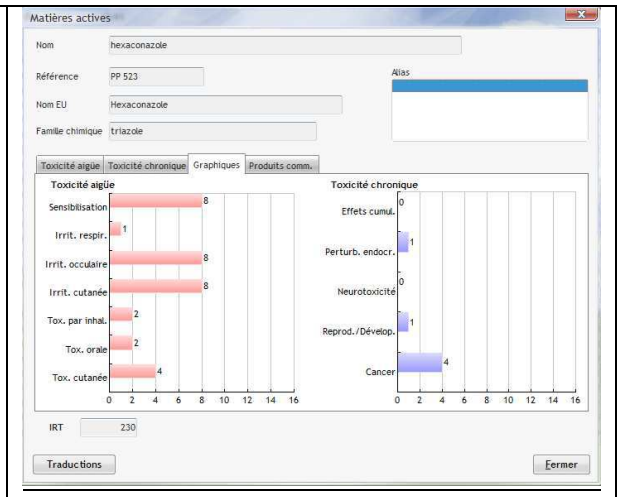

Matières actives
Nom difenoconazole
Référence CGA 169374
Nom EU Difenoconazole
Famille chimique triazole
Alias
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation 0
Irrit. respir. 0
Irrit. occulaire 8
Irrit. cutanée 8
Tox. par inhal. 4
Tox. orale 4
Tox. cutanée 2
Toxicité chronique
Effets cumul. 0
Perturb. endocr. 1
Neurotoxicité 0
Reprod./Dévelop. 0
Cancer 4
IRT 152
Traductions
Fermer

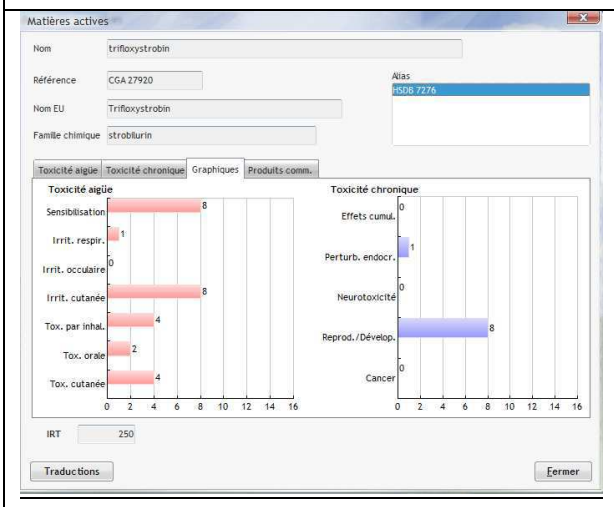

Matières actives
Nom pyraclostrobin
Référence BAS 500F
Nom EU Pyraclostrobin
Famille chimique strobilurin
Alias
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation 0
Irrit. respir. 0
Irrit. occulaire 4
Irrit. cutanée 8
Tox. par inhal. 8
Tox. orale 2
Tox. cutanée 4
Toxicité chronique
Effets cumul. 0
Perturb. endocr. 1
Neurotoxicité 0
Reprod./Dévelop. 4
Cancer 0
IRT 152
Traductions
Fermer

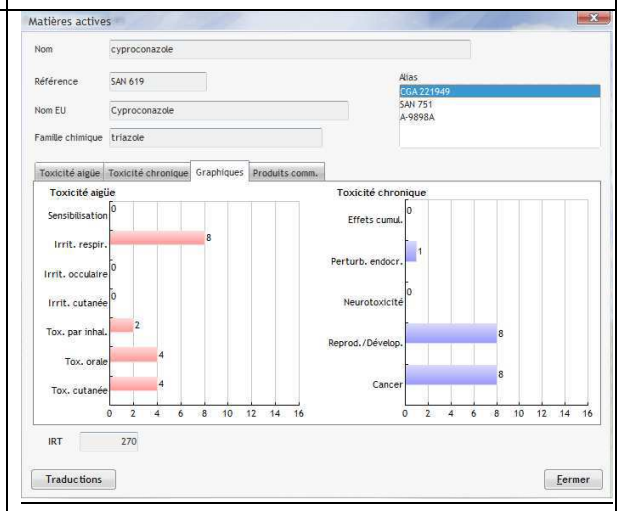

Matières actives
Nom bentazone
Référence
Nom EU Bentazone
Famille chimique benzothiazinone
Alias
bendioxide
bentazon
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation 8
Irrit. respir. 1
Irrit. occulaire 8
Irrit. cutanée 8
Tox. par inhal. 2
Tox. orale 4
Tox. cutanée 2
Toxicité chronique
Effets cumul. 0
Perturb. endocr. 0
Neurotoxicité 0
Reprod./Dévelop. 0
Cancer 0
IRT 109
Traductions
Fermer

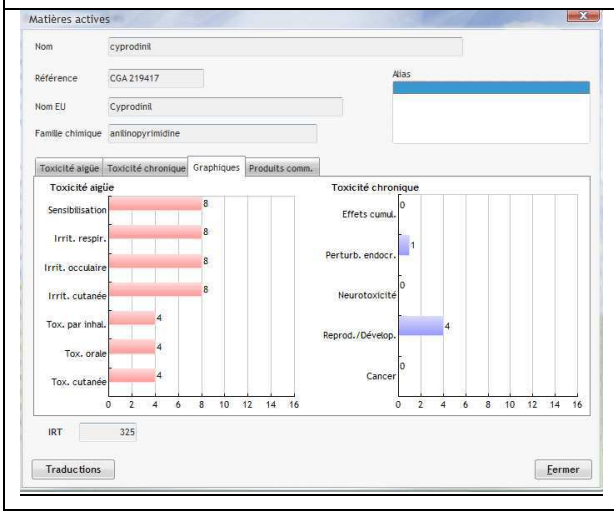

Matières actives
Nom myclobutanil
Référence RH 3866
Nom EU Myclobutanil
Famille chimique triazole
Alias
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation 0
Irrit. respir. 0
Irrit. occulaire 8
Irrit. cutanée 8
Tox. par inhal. 2
Tox. orale 4
Tox. cutanée 4
Toxicité chronique
Effets cumul. 0
Perturb. endocr. 1
Neurotoxicité 0
Reprod./Dévelop. 8
Cancer 0
IRT 240
Traductions
Fermer

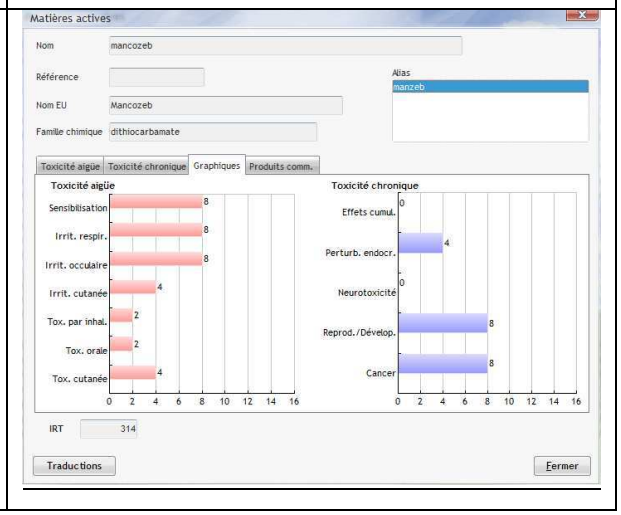

Matières actives
Nom
dimethomorph
Référence
CME 151
Nom EU
Dimethomorph
Famille chimique
morpholine
Alias
dimethomorphe
AC 336379
CL 336379
BAS 550F
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
221
Traductions
Fermer

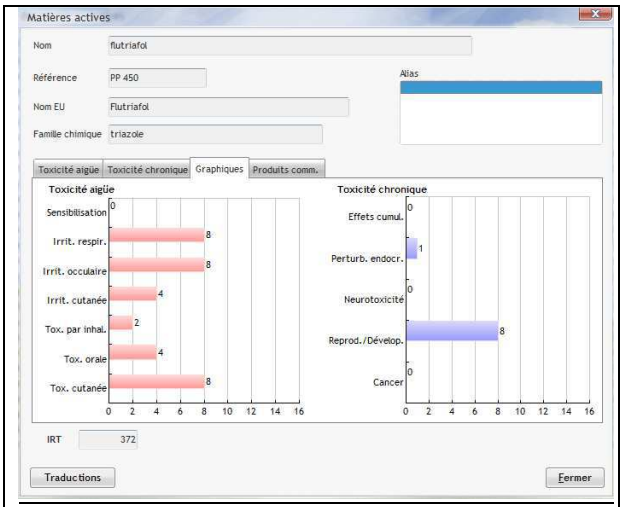

Matières actives
Nom
hexaconazole
Référence
PP 523
Nom EU
Hexaconazole
Famille chimique
triazole
Alias
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
230
Traductions
Fermer

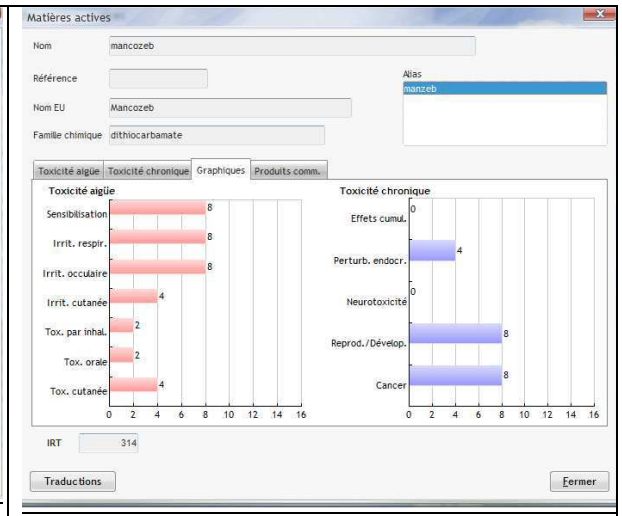

Matières actives
Nom
trifloxystrobin
Référence
CGA 27920
Nom EU
Trifloxystrobin
Famille chimique
strobilurin
Alias
HSDB 7276
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
250
Traductions
Fermer

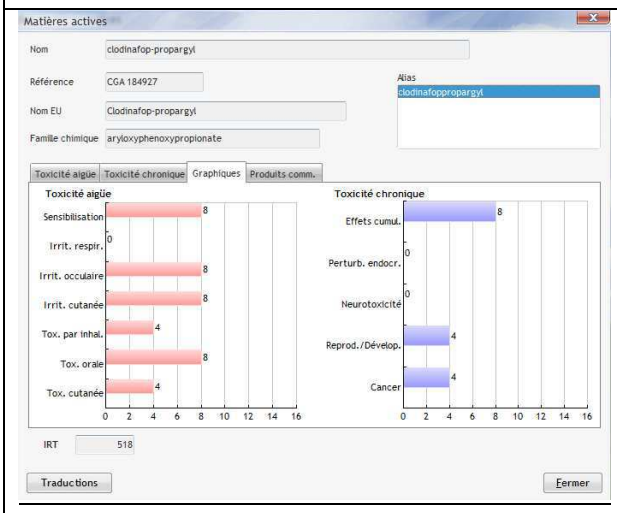

Matières actives
Nom
cyproconazole
Référence
SAN 619
Nom EU
Cyproconazole
Famille chimique
triazole
Alias
CGA 221949
SAN 751
A-9898A
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
270
Traductions
Fermer

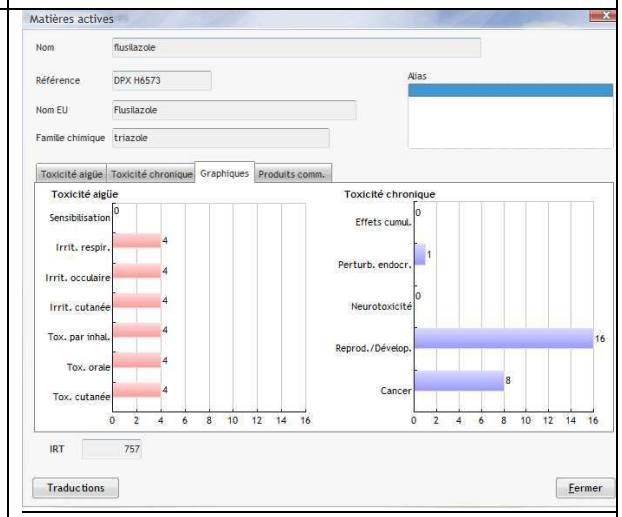

Matières actives
Nom
cyprodinil
Référence
CGA 219417
Nom EU
Cyprodinil
Famille chimique
anilinopyrimidine
Alias
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
325
Traductions
Fermer

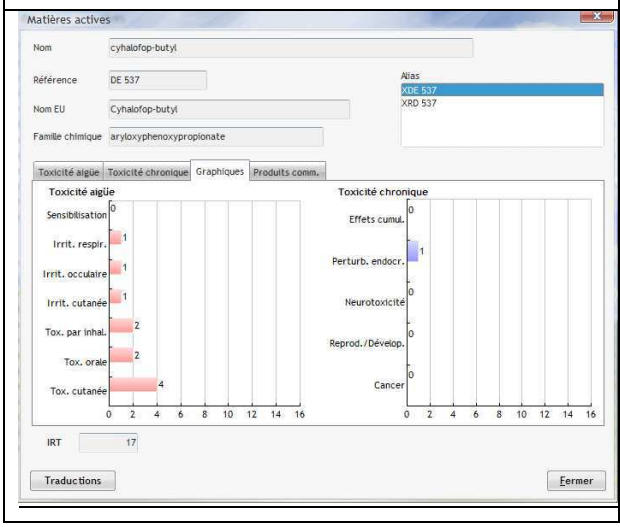

Matières actives
Nom
mancozeb
Référence
Nom EU
Mancozeb
Famille chimique
dithiocarbamate
Alias
manzeb
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
314
Traductions
Fermer

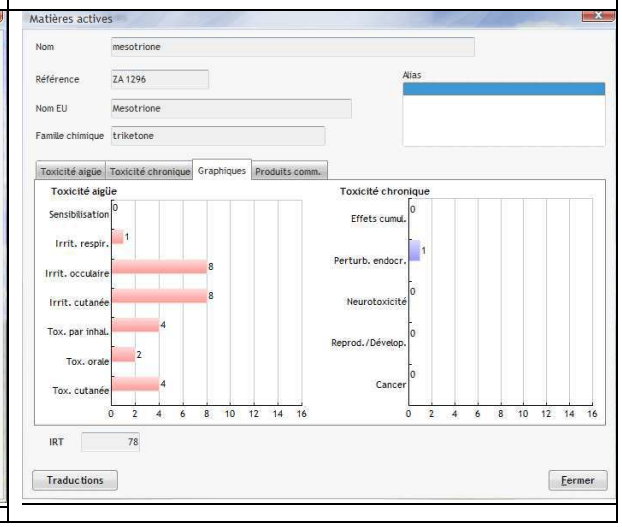

Matières actives
Nom flutriafol
Référence PP 450
Nom EU Flutriafol
Famille chimique triazole
Alias
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation 0
Irrit. respir. 8
Irrit. occulaire 8
Irrit. cutanée 4
Tox. par inhal. 2
Tox. orale 4
Tox. cutanée 8
Effets cumul. 0
Perturb. endocr. 1
Neurotoxicité 0
Reprod./Dévelop. 8
Cancer 0
IRT 372
Traductions
Fermer

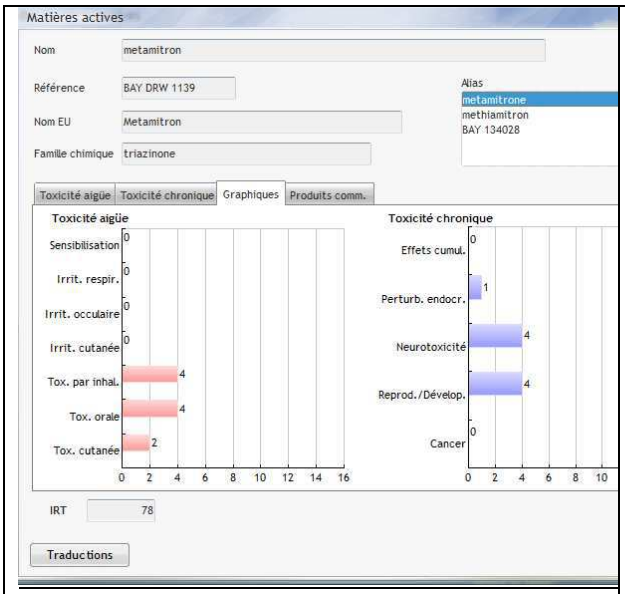

Matières actives
Nom mancozeb
Référence
Nom EU Mancozeb
Famille chimique dithiocarbamate
Alias manzeb
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation 8
Irrit. respir. 8
Irrit. occulaire 8
Irrit. cutanée 4
Tox. par inhal. 2
Tox. orale 2
Tox. cutanée 4
Effets cumul. 0
Perturb. endocr. 4
Neurotoxicité 0
Reprod./Dévelop. 8
Cancer 8
IRT 314
Traductions
Fermer

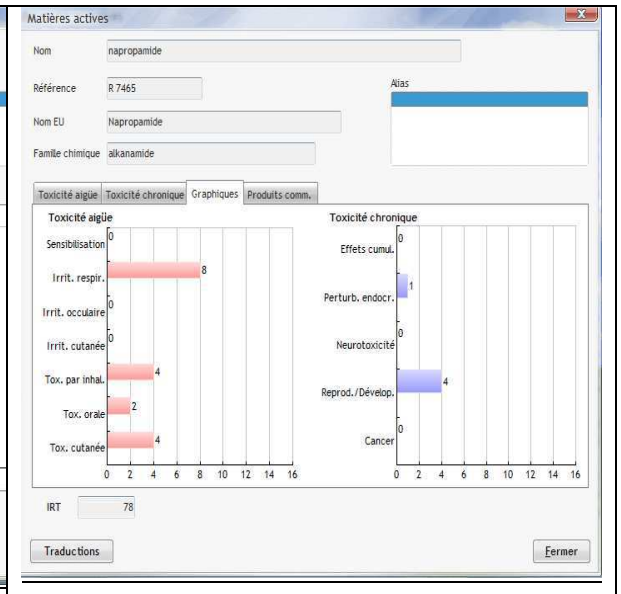

Matières actives
Nom clodinafop-propargyl
Référence CGA 184927
Nom EU Clodinafop-propargyl
Famille chimique aryloxyphenoxypropionate
Alias clodinafoppropargyl
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation 8
Irrit. respir. 0
Irrit. occulaire 8
Irrit. cutanée 8
Tox. par inhal. 4
Tox. orale 8
Tox. cutanée 4
Effets cumul. 8
Perturb. endocr. 0
Neurotoxicité 0
Reprod./Dévelop. 4
Cancer 4
IRT 518
Traductions
Fermer

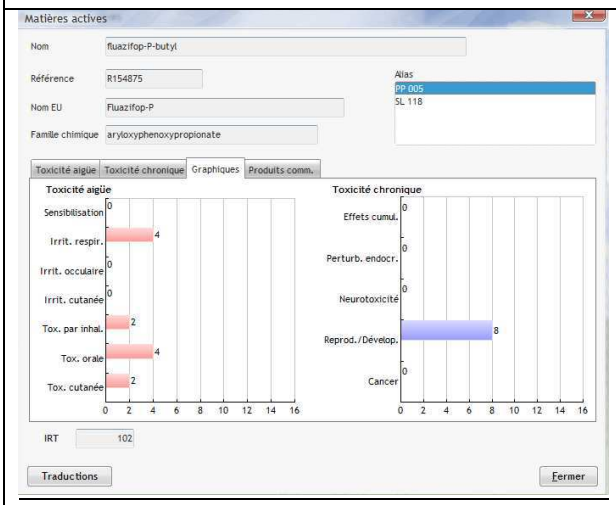

Matières actives
Nom flusilazole
Référence DPX H6573
Nom EU Flusilazole
Famille chimique triazole
Alias
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation 0
Irrit. respir. 4
Irrit. occulaire 4
Irrit. cutanée 4
Tox. par inhal. 4
Tox. orale 4
Tox. cutanée 4
Effets cumul. 0
Perturb. endocr. 1
Neurotoxicité 0
Reprod./Dévelop. 16
Cancer 8
IRT 757
Traductions
Fermer

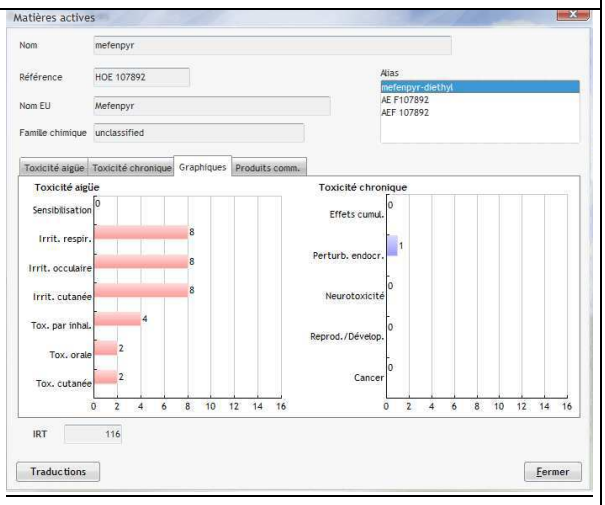

Matières actives
Nom cyhalofop-butyl
Référence DE 537
Nom EU Cyhalofop-butyl
Famille chimique aryloxyphenoxypropionate
Alias
XDE 537
XRD 537
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation 0
Irrit. respir. 1
Irrit. occulaire 1
Irrit. cutanée 1
Tox. par inhal. 2
Tox. orale 2
Tox. cutanée 4
Effets cumul. 0
Perturb. endocr. 1
Neurotoxicité 0
Reprod./Dévelop. 0
Cancer 0
IRT 17
Traductions
Fermer

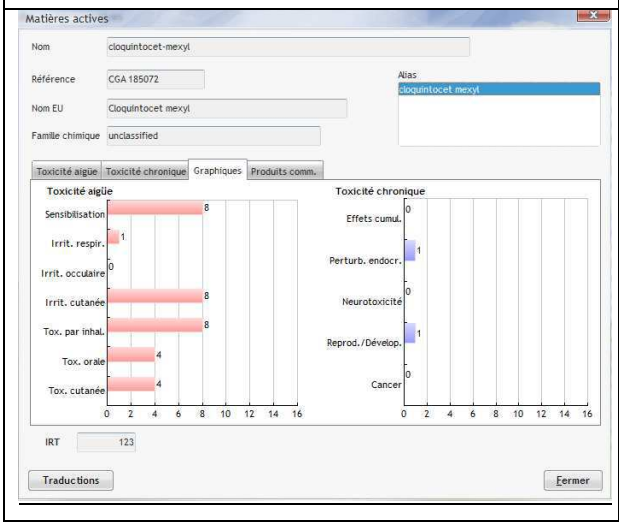

Matières actives
Nom mesotrione
Référence ZA 1296
Nom EU Mesotrione
Famille chimique triketone
Alias
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Sensibilisation 0
Irrit. respir. 1
Irrit. occulaire 8
Irrit. cutanée 8
Tox. par inhal. 4
Tox. orale 2
Tox. cutanée 4
Effets cumul. 0
Perturb. endocr. 1
Neurotoxicité 0
Reprod./Dévelop. 0
Cancer 0
IRT 78
Traductions
Fermer

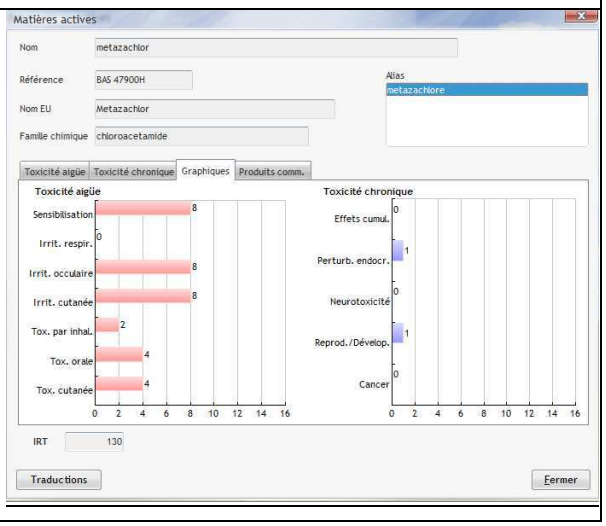

Matières actives
Nom
metamitron
Référence
BAY DRW 1139
Nom EU
Metamitron
Famille chimique
triazinone
Alias
metamitrone
methlamitron
BAY 134028
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Toxicité chronique
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
78
Traductions

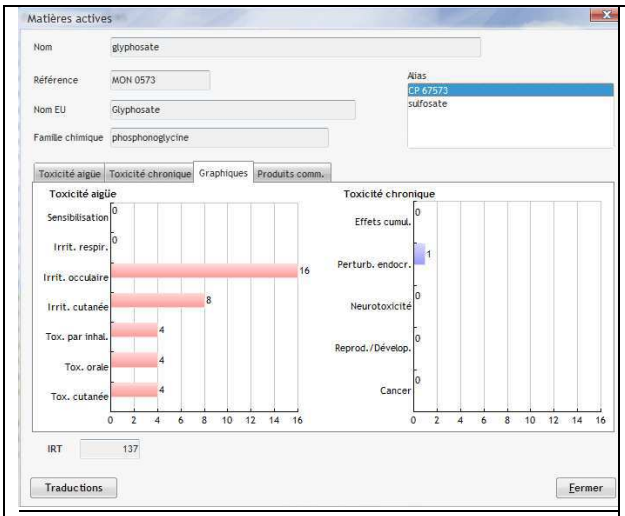

Matières actives
Nom
napropamide
Référence
R 7465
Nom EU
Napropamide
Famille chimique
alkanamide
Alias
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Toxicité chronique
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
78
Traductions
Fermer

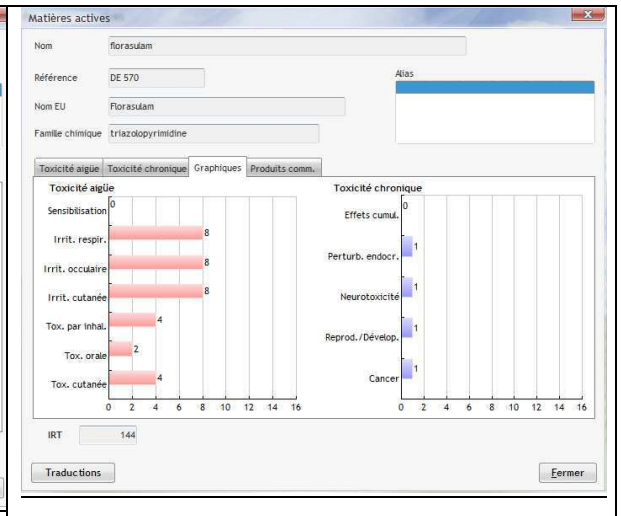

Matières actives
Nom
fluazifop-P-butyl
Référence
R154875
Nom EU
Fluazifop-P
Famille chimique
aryloxyphenoxypropionate
Alias
PP 005
SL 118
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Toxicité chronique
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
102
Traductions
Fermer

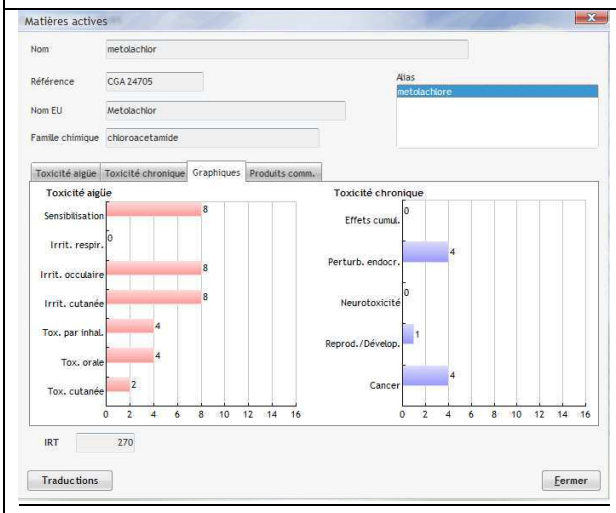

Matières actives
Nom
mefenpyr
Référence
HOE 107892
Nom EU
Mefenpyr
Famille chimique
unclassified
Alias
mefenpyr-diethyl
AE F107892
AEF 107892
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Toxicité chronique
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
116
Traductions
Fermer

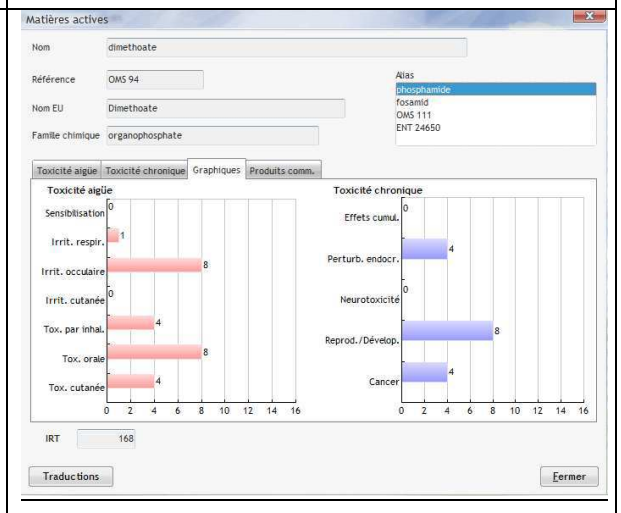

Matières actives
Nom
cloquintocet-mexyl
Référence
CGA 185072
Nom EU
Cloquintocet mexyl
Famille chimique
unclassified
Alias
cloquintocet mexyl
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Toxicité chronique
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
123
Traductions
Fermer

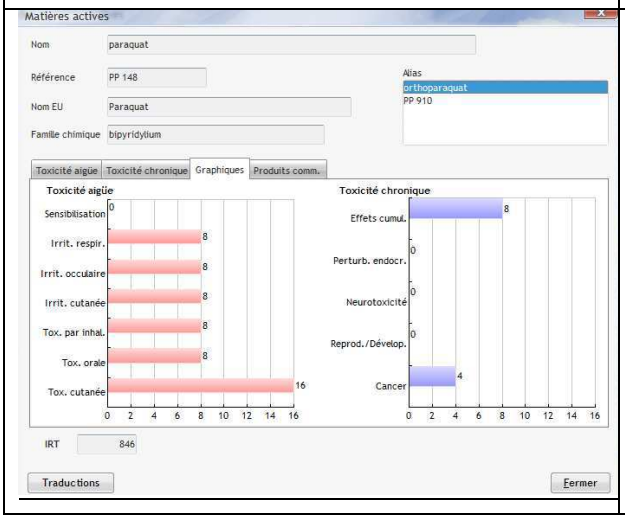

Matières actives
Nom
metazachlor
Référence
BAS 47900H
Nom EU
Metazachlor
Famille chimique
chloroacetamide
Alias
metazachlore
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation
Irrit. respir.
Irrit. occulaire
Irrit. cutanée
Tox. par inhal.
Tox. orale
Tox. cutanée
Toxicité chronique
Effets cumul.
Perturb. endocr.
Neurotoxicité
Reprod./Dévelop.
Cancer
IRT
130
Traductions
Fermer

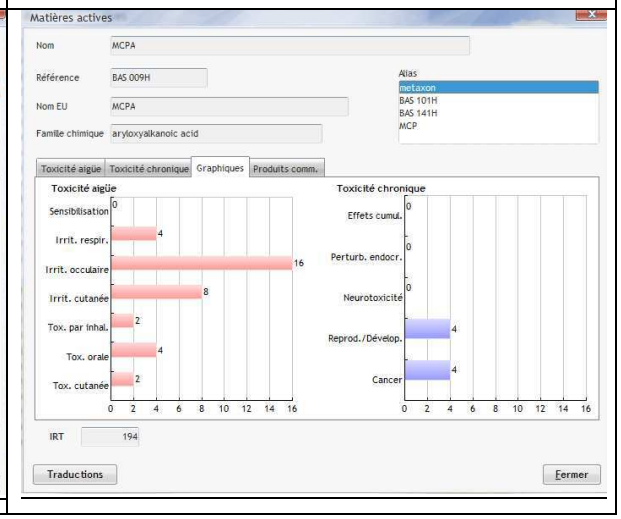

Matières actives
Nom glyphosate
Référence MON 0573
Nom EU Glyphosate
Famille chimique phosphonoglycine
Alias
CP 67573
sulfosate
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation 0
Irrit. respir. 0
Irrit. occulaire 16
Irrit. cutanée 8
Tox. par inhal. 4
Tox. orale 4
Tox. cutanée 4
Toxicité chronique
Effets cumul. 0
Perturb. endocr. 1
Neurotoxicité 0
Reprod./Dévelop. 0
Cancer 0
IRT 137
Traductions
Fermer


Matières actives
Nom florasulam
Référence DE 570
Nom EU Florasulam
Famille chimique triazolopyrimidine
Alias
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation 0
Irrit. respir. 8
Irrit. occulaire 8
Irrit. cutanée 8
Tox. par inhal. 4
Tox. orale 2
Tox. cutanée 4
Toxicité chronique
Effets cumul. 0
Perturb. endocr. 1
Neurotoxicité 1
Reprod./Dévelop. 1
Cancer 1
IRT 144
Traductions
Fermer


Matières actives
Nom metolachlor
Référence CGA 24705
Nom EU Metolachlor
Famille chimique chloroacetamide
Alias
metolachlore
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation 8
Irrit. respir. 0
Irrit. occulaire 8
Irrit. cutanée 8
Tox. par inhal. 4
Tox. orale 4
Tox. cutanée 2
Toxicité chronique
Effets cumul. 0
Perturb. endocr. 4
Neurotoxicité 0
Reprod./Dévelop. 1
Cancer 4
IRT 270
Traductions
Fermer


Matières actives
Nom dimethoate
Référence OMS 94
Nom EU Dimethoate
Famille chimique organophosphate
Alias
phosphamide
fosamid
OMS 111
ENT 24650
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation 0
Irrit. respir. 1
Irrit. occulaire 8
Irrit. cutanée 0
Tox. par inhal. 4
Tox. orale 8
Tox. cutanée 4
Toxicité chronique
Effets cumul. 0
Perturb. endocr. 4
Neurotoxicité 0
Reprod./Dévelop. 8
Cancer 4
IRT 168
Traductions
Fermer


Matières actives
Nom paraquat
Référence PP 148
Nom EU Paraquat
Famille chimique bipyridylium
Alias
orthoparaquat
PP 910
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation 0
Irrit. respir. 8
Irrit. occulaire 8
Irrit. cutanée 8
Tox. par inhal. 8
Tox. orale 8
Tox. cutanée 16
Toxicité chronique
Effets cumul. 8
Perturb. endocr. 0
Neurotoxicité 0
Reprod./Dévelop. 0
Cancer 4
IRT 846
Traductions
Fermer


Matières actives
Nom MCPA
Référence BAS 009H
Nom EU MCPA
Famille chimique aryloxyalkanoic acid
Alias
metaxon
BAS 101H
BAS 141H
MCP
Toxicité aigüe
Toxicité chronique
Graphiques
Produits comm.
Toxicité aigüe
Sensibilisation 0
Irrit. respir. 4
Irrit. occulaire 16
Irrit. cutanée 8
Tox. par inhal. 2
Tox. orale 4
Tox. cutanée 2
Toxicité chronique
Effets cumul. 0
Perturb. endocr. 0
Neurotoxicité 0
Reprod./Dévelop. 4
Cancer 4
IRT 194
Traductions
Fermer

Source : EtoPhy, 2012

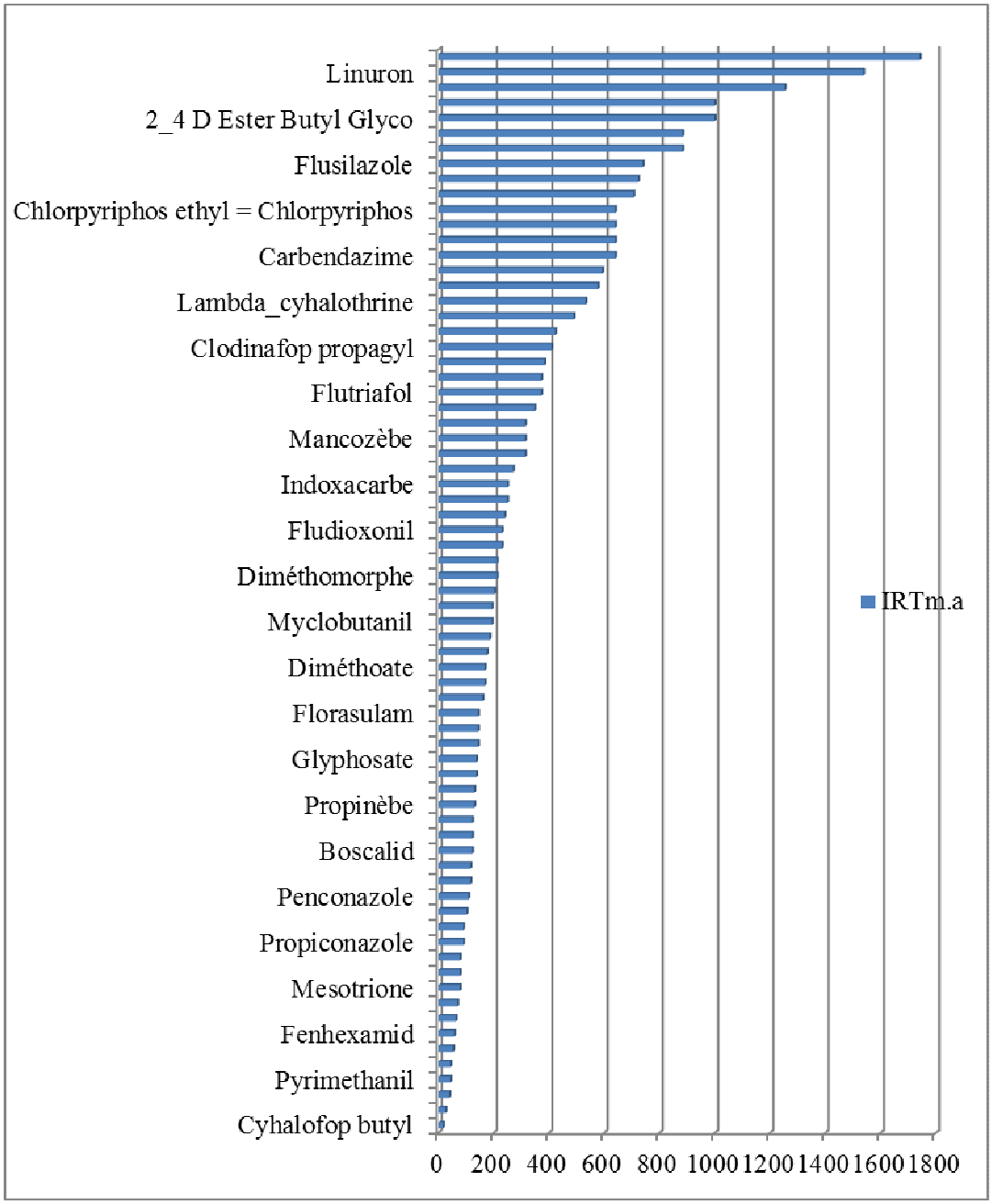


Figure 95. Variation de l'IRTm.a des matières actives utilisées par les agriculteurs du territoire de la Merja Zerga (Source : Données issues d'EtoPhy, Travail Ayadi H., 2012)