

CIHEAM



Centre
International
de Hautes Etudes
Agronomiques Méditerranéennes

*International
Centre for
Advanced
Mediterranean Agronomic Studies*

Thèse / *Thesis*

requis pour
l'obtention du Titre

*submitted
for the Degree of*

Master of Science

**Quelle approche pour représenter
et évaluer la diversité agricole
à l'échelle de l'exploitation
et de la région ?**

Roza Chenoune

Série « Master of Science » n° 114

2011

**Institut Agronomique Méditerranéen de
Montpellier**



CIHEAM
IAM MONTPELLIER

**Quelle approche pour représenter
et évaluer la diversité agricole
à l'échelle de l'exploitation
et de la région ?**

Roza Chenoune

Série « Master of Science » n° 114

2011

**Quelle approche pour représenter et évaluer la diversité agricole à l'échelle de
l'exploitation et de la région ?**

Roza Chenoune

Série « Master of Science » n° 114

2011

Série Thèses et Masters

Ce Master est le numéro 114 de la série *Master of Science* de l'Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier.

Cette collection réunit les *Masters of Science* du CIHEAM-IAMM ayant obtenu la mention « Publications », ainsi que les travaux doctoraux réalisés dans le cadre des activités scientifiques et pédagogiques de l'Institut et de ses enseignants chercheurs.

Le *Master of Science* du Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes :

Quelle approche pour représenter et évaluer la diversité agricole à l'échelle de l'exploitation et de la région ?

a été soutenu par **Roza Chenoune** 16 décembre 2010 devant le jury suivant :

Mme Tahani Abdelhakim, enseignant-chercheur CIHEAM-IAMM,Présidente

M. Christian Gary, directeur fde recherche – INRA Montpellier..... Membre

M. Hatem Belhouchette, enseignant-chercheur CIHEAM-IAMM Membre

Le travail de recherche a été encadré par M. Hatem Belhouchette.

CIHEAM-IAMM

Institut agronomique Méditerranéen de
Montpellier

Directeur : Vincent Dollé

3191 route de Mende – BP 5056

34093 Montpellier cedex 05

Tél. : 04 67 04 60 00

Fax : 04 67 54 25 27

<http://www.iamm.fr>

L'institut Agronomique Méditerranéen
n'entend donner aucune approbation ni improbation
aux opinions émises dans cette thèse

ISBN : 2-85352-470-1 ; ISSN : 0989-473X

Numéros à commander au

CIHEAM- IAMM

Bureau des Publications

e-mail : tigoulet@iamm.fr

Prix : 50€

© CIHEAM, 2011

Fiche bibliographique : Roza Chenoune – Quelle approche pour représenter et évaluer la diversité agricole à l'échelle de l'exploitation et de la région ?- Montpellier : CIHEAM-IAMM. 64 p. (Master of Science - 2011 ; n°114).

Résumé : La représentation de la diversité des systèmes de culture constitue une investigation intéressante pour la durabilité environnementale et socio-économique des exploitations agricoles. L'objectif de cette étude est d'évaluer la diversité des systèmes de culture sous différentes représentations : réelle, moyenne et archétype et cela à l'échelle de l'exploitation et de la région. Les résultats obtenus ont montré que plus une région est diversifiée, plus il y a de chances que la représentation moyenne ou archétype soit différente de la réelle en termes de composition de culture, de surface par culture (notion de culture dominante) et par conséquent, en termes d'indicateurs pour évaluer ces systèmes. En passant à l'échelle régionale, les résultats des indicateurs environnementaux semblent plus satisfaisants en considérant une exploitation moyenne (exception faite pour la diversité des cultures) ou archétype qu'une exploitation réelle. Ce résultat s'inverse si l'objet de l'étude est de traiter des questions économiques. Par conséquent, la construction d'une typologie doit être ciblée en fonction des objectifs de l'étude et des indicateurs à calculer.

Mots clés : diversité agricole, typologie, évaluation par indicateur, exploitation réelle, exploitation moyenne, exploitation archétype, échelle spatiale.

Abstract: *The representation of farming systems diversity is an interesting investigation for environmental and socio-economic sustainability analysis. The objective of this study is to assess the role of farming systems diversity, represented at field and farm scale on agricultural sustainability. This evaluation was realized by adopting different type of typology: actual, average and archetype. The results showed that the average and the archetype representation reflected better the regional diversity when the region is characterized with a higher crop diversity (crop rotation, management). At regional scale, the results of environmental indicators appear to be more satisfactory, considering an average or archetype farms (except for the diversity of cultures) than the real ones. This result is reversed if the purpose of the study is to address economic issues. Therefore, the construction of a farming typology should be targeted according to the study objectives and indicators to be calculated.*

Key words : *Agricultural variety; typology; evaluation by indicator; real exploitation; average exploitation; archetype exploitation; spatial scale.*

Remerciements

Je transmets mes remerciements,

A Madame **Tahani ABDELHAKIM**,
Qui a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury,
Je lui adresse mes salutations distinguées.

A Monsieur **Christian GARY**,
Qui a accepté d'être le rapporteur de ce travail,
Je souhaite lui exprimer ma profonde gratitude.

A Monsieur **Hatem BELHOUCLETTE**,
Pour avoir accepté de m'accompagner pendant ce diplôme en tant que tuteur pédagogique,
Pour ses précieux conseils quant à l'avancée scientifique de ce travail,
Pour sa patience, son soutien, sa grande générosité et surtout son sens de pédagogie,
Pour le temps qu'il a bien voulu me consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour,
Je le remercie très sincèrement.

A l'équipe du laboratoire d'accueil de l'IAMM « LAMES »,
Qui m'a ouvert les portes de son laboratoire pour accomplir ce travail,
Qu'elle soit assurée de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect.

J'exprime ma gratitude à M^f Harbouze, interlocuteur rencontré lors de mes recherches et qui, avec gentillesse a accepté de répondre à mes questions.

Je n'oublie pas mes parents, frères et sœur, pour leur contribution, leur soutien, leur encouragement et leur patience.

Aux futurs chercheurs : Imen, Lamia, Karima, Rym et Faiçal pour leur participation à ce travail et pour leur sympathie.

Aux étudiants de GEA, Nawel, Meriem, Amel, Ghizlane, Adolpho et Edward, pour leur sympathie exprimée à chaque occasion.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Merci à toutes et à tous.

Sommaire

Introduction	5
Partie I	7
Analyse bibliographique.....	7
Chapitre 1. Représentation de la diversité des exploitations agricoles	8
I. Représentation de la diversité agricole	8
1. Définition et objectifs	8
2. Méthode d'élaboration d'une typologie	8
A. Typologies structurelles.....	9
B. Typologie fonctionnelle.....	10
3. Méthodes d'attribution des exploitations à un type.....	10
A. Typologie réelle.....	10
B. Typologie moyenne	11
C. Typologie à « dire d'experts »	12
Chapitre II. Outils d'évaluation des systèmes de cultures	13
I. Outils d'évaluation de la durabilité d'un système de culture	13
1. Familles et types d'indicateurs	14
2. Principales méthodes de calcul d'indicateurs.....	15
II. Conclusion et choix méthodologique	16
Partie II.....	17
Matériel et méthode.....	17
I. Description de la zone d'étude	18
II. Méthode et démarche générale	19
III. Méthode proposée	19
1. Présentation des exploitations agricoles	19
A. Critères de la typologie.....	19
2. Caractéristiques des exploitations agricoles.....	21
3. Description des exploitations type.....	24
A. Représentation réelle.....	24
B. Représentation moyenne.....	24
C. Représentation archétype.....	26
IV. Calcul d'indicateurs	28
1. Indicateurs environnementaux.....	28
A. Indice de fréquences de traitement (IFT).....	28
B. Consommation en eau.....	28
C. Diversité.....	29
D. Estimation de la consommation de l'énergie due au machinisme (E_{mach}).....	29
E. Estimation de la consommation de l'énergie due à l'irrigation (E_{irri})	30
2. Indicateurs socio économiques.....	30
A. Marge brute.....	30
B. Besoin en main-d'œuvre	31
V. Agrégation à l'échelle régionale	31
VI. Evaluation des indicateurs	31
Partie III.....	33
Résultats et discussions	33
I. Evaluation des indicateurs à l'échelle de l'exploitation	34
1. Indicateurs environnementaux.....	34
A. Indice de fréquence de traitement (IFT)	34
B. Consommation en eau : (C_{eau}).....	36

C.	Diversité des cultures	38
D.	Energie irrigation (EJ irrig).....	39
E.	Energie liée aux machines (EJ machi)	41
2.	Indicateurs socio-économiques.....	43
A.	Marge brute (MB)	43
B.	Main-d'œuvre	45
II.	Evaluation des indicateurs à l'échelle régionale	48
Conclusion		50
Bibliographie		51

Liste des figures

Figure 1. Part de la taille des exploitations par rapport à la superficie totale.....	20
Figure 2. Représentation des spéculations par rapport aux nombres d'exploitations.....	27
Figure 3. Répartition des spéculations par rapport à la taille	27

Liste des tableaux

Tableau 1. Les typologies permettant d'analyser les exploitations agricoles.....	9
Tableau 2. Caractéristiques de l'ensemble de l'échantillon	23
Tableau 3. Consommation d'énergies liées à la machine par culture , pour l'exploitation moyenne arboricole irriguée.	25
Tableau 4. Choix des cultures d'une exploitation moyenne à une exploitation archétype.....	27
Tableau 5. Choix du type de sol.....	27
Tableau 6. Energie consommée selon le type de machine	29
Tableau 7. IFT par exploitation selon les types de représentation	35
Tableau 8. IFT de l'exploitation Moy_Arbo_Irri selon les deux types de représentation réelle et moyenne	35
Tableau 9. IFT par type de représentation de l'exploitation Moy_Marai_Irri	36
Tableau 10. Consommation en eau par exploitation selon les types de représentations	36
Tableau 11. Consommation en eau par culture et par type de représentations de l'exploitation Moy_Arbo_Irri	37
Tableau 12. Consommation en eau par culture et par type de représentation pour l'exploitation Moy_Mari_Sec.....	38
Tableau 13. Répartition du nombre de cultures par type de représentations.....	39
Tableau 14. Energie consommée pour l'irrigation à l'échelle de l'exploitation	40
Tableau 15. Energie générée par l'irrigation selon deux types de représentations (Moy_Arbo_Irri).	40
Tableau 16. Energies liées à l'irrigation selon les types de représentations de l'exploitation Pet_GC_Sec	41
Tableau 17. Energie machine par exploitation selon les types de représentations.....	42
Tableau 18. Energie liée aux machines agricoles de l'exploitation Moy_Marai_Irri	42
Tableau 19. Energie liée aux machines agricoles de l'exploitation Moy_Arbo_Irri.....	43
Tableau 20. Marge brute moyenne par type de représentation.....	44
Tableau 21. Marge brute par culture et par type de représentations de l'exploitation Moy_Arbo_Irri.....	44
Tableau 22. Marge brute par culture de l'exploitations Pet_Arbo_Irri selon trois types de représentations	44
Tableau 23. Marge brute par type de représentation de l'exploitation Moy_Marai_Sec	45
Tableau 24. Main-d'œuvre par type de représentations	46
Tableau 25. Main-d'œuvre de l'exploitation Pet_Arbo_Irri selon trois types de représentations.....	46
Tableau 26. Besoin en main-d'œuvre de l'exploitation Moy_Marai_Irri	47
Tableau 27. Récapitulatif des résultats à l'échelle de région.	49

Introduction

Depuis près de deux décennies, un intérêt nouveau et grandissant est porté à l'étude et à l'analyse de la diversité des exploitations agricoles du point de vue fonctionnel et structurel. Cette diversité est considérée comme garante d'une certaine souplesse et une certaine adaptabilité des exploitations face à l'évolution du contexte biophysique, socio économique et institutionnel.

De nos jours, cet aspect de la diversité agricole à l'échelle d'une région ou d'un territoire représente un atout mais également un enjeu pour le développement d'une zone (Deffontaines et al, 2000). En effet, elle offrira à une région donnée une résilience importante face aux aléas climatiques et socio-économiques. L'étude de cette diversité sous-entend non seulement l'analyse des systèmes de production mais également celle des systèmes de cultures. Cette analyse représentera à la fois, un intérêt majeur pour porter un diagnostic sur une situation ou pour concevoir un nouveau système de culture ou de production plus performant, mais aussi une difficulté. En effet, cette analyse requiert la considération des interactions, qui sont difficiles à appréhender, entre l'ensemble des critères techniques, économiques, sociaux ou biophysiques qui composent les systèmes de cultures ou de productions.

En se basant sur la littérature, plusieurs méthodes ont été mises au point pour ordonner l'univers des exploitations agricoles (Cristofini, 1985 ; Perrot, 1990; Capillon, 1993). Cette classification, qui a pour objectif essentiel la caractérisation de la diversité des exploitations en construisant des ensembles homogènes, est souvent faite selon des critères relatifs à la structure ou au fonctionnement de l'exploitation agricole (Landais, 1990). Les typologies structurelles sont basées sur les moyens de productions disponibles (SAU, accès à l'eau, main-d'œuvre...) dans l'exploitation. Par contre, les typologies de fonctionnement s'intéressent plutôt à l'analyse des processus de production et de prise de décision dans l'exploitation. En outre, entreprendre une analyse au niveau de chaque agriculteur s'avère impossible du fait que les enquêtes sont trop coûteuses en termes de temps et de moyens physiques et financiers. Par conséquent, la nécessité de passer à un échantillonnage représentatif des exploitations agricoles s'avère nécessaire. Ces exploitations types peuvent être définies par une exploitation réelle, moyenne ou archétype.

Analyser la performance des systèmes de cultures ou de productions, se fait souvent en développant et en analysant des indicateurs environnementaux et socio-économiques permettant d'évaluer la durabilité de ces systèmes. Le calcul de ces indicateurs est souvent sujet à des sources d'erreurs provenant aussi bien de i) la représentation des critères qui composent l'exploitation (taille, type de sol, type de culture...), ii) de l'échelle à laquelle ces indicateurs sont calculés : parcelle, exploitation, région, iii) de la nature des indicateurs calculés (environnemental, social...) et également de type d'agrégation pour construire des indicateurs simples ou complexes.

Les typologies sont multiples avec leurs avantages et leurs contraintes. Notre étude a pour ambition de passer en revue ces méthodes de représentativité de la diversité des activités agricoles et de procéder à leur évaluation. Ainsi, on pourra déterminer les avantages et les inconvénients en fonction de l'échelle spatiale à laquelle on traite la question. C'est dans ce cadre que s'insère ce travail de recherche qui vise à :

- identifier et déterminer les avantages et les inconvénients des différentes méthodes (typologies) de représentation de la diversité des exploitations agricoles et des systèmes de cultures.
- analyser les effets de chaque représentation sur la valeur de différents types d'indicateurs (environnementaux et socio-économiques) simples et complexes à l'échelle de l'exploitation et de la région.

Ainsi, ce document sera organisé en trois parties. Après une introduction présentant succinctement les avantages et les inconvénients des méthodes de représentation de la diversité ;

La **1^{ère} partie** sera consacrée à la représentation de la diversité agricole. Elle traitera d'abord les objectifs de cette représentativité, les différentes méthodes de construction d'une typologie, ainsi que les outils d'évaluation des systèmes de cultures en décrivant la notion d'indicateur et leurs principales méthodes de calcul.

La **2^{ème} partie** portera sur la démarche méthodologique qui sera basée sur l'élaboration d'une typologie des exploitations agricoles. Celle-ci nous permettra d'identifier nos exploitations types qui seront représentées sous trois formes : réelle, moyenne et archétype. Nous aborderons également les méthodes de calcul des indicateurs de durabilité sur différentes échelles.

Enfin, la **3^{ème} partie** sera consacrée à l'analyse des résultats et à la discussion en vue d'estimer le poids des différentes représentations sur la valeur des indicateurs calculés.

Partie I

Analyse bibliographique

Chapitre 1. Représentation de la diversité des exploitations agricoles

I. Représentation de la diversité agricole

1. Définition et objectifs

Le recours à l'élaboration d'une typologie est désormais classique pour des actions de développement au niveau d'une région. Ces typologies, tenant compte de la diversité, sont mises en place à des fins politiques locales d'appui technique, (Carpillon, 1993) ou pour améliorer la connaissance de la dynamique de changement d'une agriculture régionale (Doré et al, 2006)

Ainsi, plusieurs sont les définitions données à la « typologie ». La plus complète et récente est celle donnée par Emmanuel et al. (2002) : « *la typologie est une caractérisation des particularismes observés au niveau d'un sujet d'intérêt dont l'aspect étudié présente une variabilité. Elle permet de définir des groupes cibles pour des interventions plus efficaces* ». Cette manière de représenter la réalité en la simplifiant, nous permet de développer des échantillons homogènes représentatifs de la région. Cette représentation des systèmes de culture et de production permet d'analyser leur évolution prévisible en utilisant des outils d'évaluation qualitative ou quantitative basées souvent sur le calcul d'indicateurs de durabilité pour une meilleure prise de décision. Dans cette perspective, la construction d'une typologie des exploitations agricoles est souvent utilisée pour mettre en évidence l'impact de l'activité agricole sur l'environnement en définissant des politiques socio-économiques et/ou environnementales ou une stratégie pour le développement d'une zone agricole.

Par ailleurs, la représentation de la diversité d'une zone est alors un outil pour faciliter les discussions entre les différents acteurs d'une zone. Par exemple, la typologie réalisée par Carmona (2005), lui a permis, en s'appuyant sur des concertations entre agriculteurs, gestionnaires et chercheurs, de proposer par type de système de production, des solutions techniques aux problèmes de la gestion des ressources en eau de la région.

Ces approches se limitent souvent à identifier les types de surface utilisée selon les tailles d'exploitation et les types de conduite d'élevage (Brun, 1982) ou les types d'assolements pratiqués (Carpillon et al., 1984). Ces critères liés à la structure de l'exploitation agricole représentent des paramètres quantifiables souvent faciles à acquérir sur le terrain. Par ailleurs, quoique dans plusieurs études l'objectif de la typologie est de comprendre le fonctionnement des exploitations agricoles : cas des études réalisées au bassin cotonnier ivoirien (Courtois, 2003) et la riziculture camarguaise (Barbier et Mouret, 2000), la viticulture en Languedoc- Roussillon (Luneau, 2004), le recours aux critères de structures reste toujours nécessaire afin de caractériser la diversité des exploitations agricoles et la compréhension de leurs fonctionnements.

2. Méthode d'élaboration d'une typologie

Dans la littérature, plusieurs méthodes pour concevoir des exploitations-type sont décrites (Cristofini, 1985; Perrot, 1990 ; Capillon, 1993). Ces méthodes sont développées selon : i) le choix des caractéristiques discriminantes et ii) la méthode d'attribution des individus aux types définis. Par ailleurs, il est convenu que l'utilisation d'une typologie n'est pertinente que si celle-ci est basée en tenant compte des objectifs de l'étude. En définitive, la typologie doit représenter toutes les exploitations d'une même catégorie telles que les exploitations d'élevage d'une zone afin de fournir une image de ce qui existe réellement.

Par ailleurs, les caractéristiques discriminantes des exploitations choisies pour différencier les types dépendent de la façon dont l'exploitation agricole est considérée : comme une structure fixe, comme un système dirigé par une famille qui suit des objectifs ou comme une zone présentant des paramètres physiques et économiques ayant des contraintes. Ce choix des critères de classification des exploitations peut également être basé sur l'avis d'un expert de la zone, tel que le projet APPEAU où les critères discriminants (OTEX, SAU irriguée) ont été définis par les experts de manière à caractériser les systèmes d'exploitations de la zone (Clavel et al, 2010).

Concrètement la construction d'une typologie peut se faire de différentes manières afin de représenter la diversité des exploitations agricoles. On peut distinguer plusieurs types de typologie selon les critères choisis : i) une typologie structurelle construite sur la base des critères de structure telle que : SAU, OTEX, CDEX (Kempen et al., 2010; Andersen et al., 2007), ii) une typologie fonctionnelle basée sur des critères tels que : les pratiques agricoles, les choix stratégiques de l'exploitant (Bonnaud et al, 2005) iii) une typologie « archétype » élaborée à partir de l'histoire des exploitations pour représenter un modèle universel d'une région (Emmanuel et al.,2001), iv) une typologie à dire d'experts locaux de la région étudiée (conseillers agricoles) (Gafsi et al., 2007) et, v) une typologie à dire d'acteurs, reflétant la vision que les agriculteurs veulent eux-mêmes savoir de la diversité de leurs exploitations agricoles et des évolutions possibles (Tableau1).

Tableau 1. Les typologies permettant d'analyser les exploitations agricoles

Typologies	Besoin de connaissances des exploitations agricoles		
	Histoire	Situation actuelle	Perspectives
Structure	-	+	-
Fonctionnelle	-	+	+
Archétype	+	-	-
Dire d'experts	-	+	+
Dire d'acteurs	-	+	+

Source : (Gafsi et al., 2007)

A. Typologies structurelles

C'est une typologie descriptive fondée sur un ensemble de variables quantitatives qui peuvent être utilisées à des fins qualitatives. Ces données quantitatives sont souvent collectées par des enquêtes à l'aide d'un questionnaire comprenant essentiellement des questions fermées sur la famille, les superficies, les productions des différentes cultures, les intrants, les animaux, les matériels agricoles et la main-d'œuvre. Ces variables sont collectées, en vue d'obtenir une véritable photographie des exploitations agricoles d'une région à un moment donné, sur les moyens de production disponibles dans l'exploitation comme la taille de la surface cultivable (petite, moyenne ou grande) ou le niveau du revenu agricole (faible ou important) (Hanafi et al., 2007). L'objectif essentiel de cette typologie est la caractérisation de la diversité des exploitations agricoles, offrant ainsi un cadre pour des analyses sur des ensembles homogènes.

Les critères de différenciation sont choisis par empirisme et deux méthodes sont souvent utilisées pour construire ces typologies: la segmentation et l'analyse multidimensionnelle. 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 nous disposons d'un nombre réduit de critères discriminants et facilement collectés. Cette approche a été suivie par exemple au Cameroun comme au Tchad, en se basant sur deux critères facilement quantifiables : le sexe du chef d'exploitation et l'accès à la traction animale qui sont jugés discriminants pour le conseil de gestion aux exploitations agricoles (Gafsi et al, 2007)

En revanche, les méthodes statistiques servent à la caractérisation des exploitations par rapport aux variables définies. Elles sont appliquées en se basant sur une analyse multidimensionnelle afin de différencier les exploitations. On distingue cependant, les analyses factorielles des correspondances

(AFC) et les analyses en composantes principales (ACP). Ces démarches sont utilisées pour classer diverses exploitations mobilisant plusieurs critères discriminants à la fois. Telle que l'étude réalisée par Carmona (2005), l'ACP a permis de réduire un système complexe représenté par des centaines d'exploitations en un nombre plus faible à travers l'analyse des liaisons linéaires existant entre les variables les plus discriminantes (taille, marge brute..).

En conclusion, les méthodes de classification par segmentation sont souvent adoptées pour l'élaboration de typologie des macros-régions, où nous disposons de données exhaustives sur un très grand nombre d'exploitations. Par contre, une ACP ou une AFP est souvent réservée à des études sur des petites régions avec un accès facile à un nombre élevé et détaillé aux données permettant de caractériser l'ensemble des exploitations de la zone d'étude

B. Typologie fonctionnelle

C'est une typologie qui s'intéresse à l'analyse des processus de production et de prise de décision, fondées sur le fonctionnement actuel de l'exploitation (pratique, stratégie). La construction d'une typologie fonctionnelle dépend de la manière dont la ressource est utilisée, par exemple, cas d'une exploitation d'élevage ou d'horticulture. Cette représentation sert surtout comme outil d'analyse pour la définition et l'exécution des actions de recherche et de développement (Hanafi et al., 2007). L'intérêt de cette démarche repose sur une prise de décision stratégique (politique) appliquée à une échelle plus large que l'exploitation. C'est une typologie analytique basée sur une synthèse des pratiques et stratégies appliquées. D'ailleurs, la collecte de données pour ces typologies sont réalisées à l'aide des guides d'entretien ouverts, laissant plus de place aux discussions sur l'histoire, les objectifs, les stratégies, les atouts, les contraintes, les performances et les pratiques des exploitations avec des entretiens, couplés à des observations.

La construction des typologies de fonctionnement est raisonnée et nécessite l'existence d'un modèle synthétique qui oriente et guide le mode opératoire à adopter pour observer et rendre compte de la diversité des exploitations. Cela revient à adopter un schéma applicable à toutes les exploitations. Par conséquent, les différences observées au niveau des relations entre les composantes du schéma permettent de définir les types.

3. Méthodes d'attribution des exploitations à un type

Le recensement des méthodes de construction de typologies d'exploitations agricoles, fait apparaître une diversité liée aux systèmes de cultures et de productions étudiés. Dans cette perspective, plusieurs approches sont mises en œuvre.

A. Typologie réelle

Il s'agit de représenter un groupe d'exploitations agricoles présentant une similitude par rapport à des critères structurels ou fonctionnels de façon réelle. Une moyenne sera réalisée auprès de chaque critère dont il fera l'objet de sélection. Ainsi, le choix de l'exploitation type sera celle qui se rapproche le plus de la moyenne.

Cette représentation à l'échelle de l'exploitation présente les avantages suivants :

- les caractéristiques de l'exploitation-type, telles que la SAU, la marge brute, les doses d'irrigation..., peuvent être déterminées facilement par enquête. Cela assure une certaine crédibilité aux indicateurs calculés.
- elle permet une meilleure concertation avec les acteurs locaux en vue d'une solution concertée. Cette approche a été suivie par Le Grusse et al. (2006) afin d'identifier des stratégies pour une meilleure gestion des ressources hydriques et de la pollution azotée,

d'abord à l'échelle des exploitations réelles représentatives de la zone d'étude et ensuite à celle de la région.

Cette approche représente néanmoins des limites qui sont principalement :

- établir une exploitation représentative se fait souvent sur la base des critères les plus discriminants. Le choix d'une exploitation réelle pour représenter un groupe homogène par rapport à ces critères peut induire des erreurs sur la valeur des indicateurs calculés lors du passage à l'échelle régionale.
- en effet, dans cette approche, une exploitation réelle reflète, en dehors des critères discriminants, uniquement les caractéristiques (contraintes, ressources) de celle-ci, rendant toute extrapolation à la l'échelle de la région sujette à une sur ou sous estimation de la valeur de l'indicateur agrégé. Cette hypothèse est encore plus vraie pour des indicateurs traduisant une pollution diffuse, type lixiviation de nitrates ou par les pesticides.
- enquêter sur des exploitations réelles requiert souvent des investissements lourds en termes d'argent et de temps.

En conclusion, cette approche semble être plus pertinente quand l'objet de l'étude est de faire une analyse à l'échelle de l'exploitation, à l'échelle d'une petite région agricole (nombre limité d'exploitation) et pour mener des fortes interactions avec les acteurs locaux pour des solutions concertées et testables sur le terrain.

B. Typologie moyenne

Il s'agit de représenter l'ensemble des exploitations homogènes par une exploitation moyenne. Dans ce cas, l'exploitation est définie comme une exploitation virtuelle, qui résulte de la moyenne des critères de classification provenant d'exploitations regroupées dans le même type. L'exploitation type exprimera une grandeur qu'aurait chacune des exploitations agricoles de l'ensemble homogène.

Cette représentation à l'échelle de l'exploitation présente les avantages suivants :

- elle permet de faire des enquêtes sommaires en complétant souvent le questionnaire et en utilisant des données statistiques telles que le RGA (recensement général agricole).
- elle permet de représenter les activités de toutes les exploitations qui appartiennent à un même type d'exploitation, même probablement des activités moins courantes, moins intéressantes, moins importantes dans les analyses de niveau supérieur (échelle régionale) ce, afin d'évaluer le système et faciliter la formulation d'un diagnostic ou d'un conseil adapté.

Cette approche représente néanmoins des limites qui sont principalement :

- la représentativité de tous les critères représentant les exploitations homogènes produira une exploitation-type irréaliste caractérisée par un nombre très élevé d'activités (cultures, technique...) et de contraintes (sol, eau...).
- l'évaluation de ces exploitations par indicateur génère souvent une marge d'erreur difficile à interpréter.

En conclusion, cette approche est souvent appliquée pour répondre à des problématiques régionales afin de définir ou d'évaluer une politique ou une stratégie (Belhouchette et al., 2010). Dans cet exemple, la construction d'une typologie moyenne a permis d'évaluer les impacts de la directive nitrate sur le comportement des exploitations agricoles dans la région Midi-Pyrénées (Belhouchette et al., 2010).

C. Typologie à « dire d'experts »

Dans cette représentation par agrégation autour des pôles définis à « dire d'experts », il s'agit d'élaborer des modèles d'une situation actuelle à partir de la connaissance des experts (acteurs du développement de la zone). Les exploitations types sont définies par ce qui constitue leur logique. La représentation des exploitations à dire d'experts peut être faite en se basant sur des exploitations moyennes. La construction de l'exploitation type sera définie en simplifiant l'exploitation moyenne. Cette simplification peut être assurée par la connaissance des experts en tenant compte des critères caractérisant l'exploitation moyenne mais également en se basant juste sur la simplification des exploitations moyennes par rapport à des critères de structures tels que : le nombre de cultures.

La typologie à dire d'experts présente les avantages suivants:

- elle est facilement actualisable grâce à l'indépendance de chaque type qui est défini par des critères spécifiques qui ne dépendent pas de la définition des autres types. Ceci confère à la typologie la capacité d'évoluer avec les systèmes de production (Perrot, 1990).
- la participation des experts dans la construction facilite l'utilisation de la typologie par ces mêmes experts. La procédure de classement se déroule de façon maîtrisée, transparente et explicite aux yeux des utilisateurs grâce à l'évaluation quantitative (indicateurs).
- la construction des exploitations types par des experts de différentes origines limite la subjectivité.

Cette approche représente néanmoins des limites qui sont principalement :

- certaines informations peuvent manquer à la définition d'un type d'exploitation car les critères de classification sont souvent différents d'un type à un autre.
- les experts connaissant la région d'étude construisent souvent les exploitations type avec un risque de subjectivité élevé.

En conclusion, cette approche est souvent réservée à des études régionales afin d'appliquer une politique ou évaluer un changement d'une stratégie régionale.

Les trois approches semblent avoir des avantages et des inconvénients qui rendent très difficile à décider lesquelles d'entre elles devraient être utilisées pour représenter la diversité des exploitations agricoles et le type d'exploitation agricole. Le but de cette étude semble être le principal critère pour sélectionner la méthode appropriée.

Chapitre II. Outils d'évaluation des systèmes de cultures

I. Outils d'évaluation de la durabilité d'un système de culture

La représentation de la diversité des exploitations agricoles nécessite souvent un outil d'analyse pour évaluer une politique donnée ou comprendre le fonctionnement des exploitations agricoles. D'après Cloquell-Ballester et al., (2006), deux types de stratégies d'évaluation peuvent être menées.

La première est basée sur la quantification directe des jugements d'experts. Après ce processus, la quantification est pondérée puis agrégée (Bojorquez-Tapia et al., 1998; Thompson, 1990). Dans ce cas, les opinions des experts représentent les seules références disponibles pour l'évaluation de l'impact environnemental ou socio-économique. Ainsi, la pertinence de l'évaluation dépendra entièrement de la préparation, de l'expérience et du niveau d'objectivité des experts.

L'autre stratégie d'évaluation consiste en la quantification des impacts via l'utilisation d'indicateurs. Dans la littérature, il existe un panel très large de définitions disponibles concernant la notion d'indicateurs. La définition du Fonds International pour le Développement de l'Agriculture (IFAD, 2006), rajoute, à la définition classique d'un indicateur, les notions de niveaux de complexité et d'échelles spatiales et temporelles de l'indicateur. En effet, l'indicateur ici est défini comme « *une variable simple ou complexe, quantitative ou qualitative dont le suivi et/ou la comparaison dans le temps ou dans l'espace permet d'apprécier ou mesurer des changements intervenus (ou des différences)* ».

Le choix des indicateurs ne restera pertinent que dans le cas où l'objectif de l'étude est bien défini. Gay (2002), montre comment la clarification des objectifs des acteurs (agriculteurs, acheteurs, vendeurs...) et les connaissances du fonctionnement d'une culture de laitue ont abouti à choisir le stress hydrique, le stress azoté et la lixiviation des nitrates comme indicateurs pour évaluer des parcelles de laitue dans une zone sensible à la pollution azotée.

Les critères d'évaluation d'activités agricoles par rapport aux objectifs de durabilité se rapportent à deux champs thématiques principaux : les impacts agro-environnementaux et les impacts socio-économiques. Ces deux champs thématiques de l'agriculture durable sont abordés à toutes les échelles de l'activité agricole (OCDE, 2001). Le premier groupe d'impacts prend en compte les effets de l'activité agricole sur la biosphère (eau, sol, faune, flore) et sur la dégradation physique et mécanique des ressources du milieu (érosion du sol, appauvrissement des ressources hydriques, minérales et organiques). Le second groupe d'impacts quantifie les performances économiques des activités agricoles classiques ou alternatives; ainsi que leurs effets sur la qualité de vie, l'organisation et le comportement social et économique de l'agriculteur.

a. Indicateurs économiques

Les indicateurs d'évaluation d'ordre économique sont essentiels pour analyser les perspectives de développement d'un système d'exploitation. Il existe différents indicateurs microéconomiques applicables à l'exploitation : les indicateurs qui ne prennent en compte que la valeur ajoutée par rapport aux intrants (marge brute) et ceux qui prennent en compte toutes les charges fixes liées aux cultures (marge semi nette) ou à l'exploitation (revenu). Le coût de production (rapport entre les charges et les rendements) constitue également un critère économique intéressant à considérer car il permet d'évaluer le niveau de compétitivité d'une culture, à savoir la capacité à produire à un prix de vente faible (Doré et al., 2006).

b. Indicateurs environnementaux

De nombreux indicateurs d'ordre environnemental sont utilisables pour traduire l'impact potentiel des systèmes de culture sur la quantité et la qualité des sols : risque d'érosion, teneur en matière organique

(Dogliotti et al., 2005), activités biologiques (Lombard, 2003) et la qualité de l'eau et de l'air qui est liée avec l'utilisation d'engrais et de produits phytosanitaires. Ainsi, les indicateurs comme la lixiviation de nitrates, peuvent être construits à partir de mesures (Cuny et al., 1998) ou de modèles (Belhouchette, 2004). Ils sont cependant plus souvent déduits des pratiques de gestion de l'engrais (Bellon et al., 2001), ce qui présente un risque important d'erreur, surtout en système irrigué. Pour les produits phytosanitaires, peu de mesures sont disponibles, compte tenu des difficultés méthodologiques et du coût des analyses, surtout si un grand nombre de matières actives sont utilisées. Les indicateurs les plus simples sont uniquement construits à partir des pratiques mises en œuvre par les agriculteurs (comme la quantité de la matière active utilisée). Au niveau européen, on constate une grande diversité de ces indicateurs « pesticide », selon les compartiments considérés (l'eau de surface l'eau souterraine, le sol, l'air ...) et les effets sur l'environnement qui sont pris en compte (Reus et al., 2002).

Par ailleurs, les indicateurs de biodiversité représentant la richesse faunistique et floristique en termes d'espèces, peuvent être appréciés par le nombre d'espèces et/ou la fréquence d'occurrence (Buchs, 2003). Ils peuvent être définis en fonction des objectifs que l'on cherche à atteindre. Duelli et Obrist (2003) distinguant ainsi trois principaux objectifs : la protection d'espèces en danger, le contrôle biologique des ravageurs des cultures et le maintien de la diversité des espèces. Par ailleurs, suite au développement des cultures dédiées à la production d'énergie (carburant, combustibles), le calcul de l'indicateur énergétique d'une filière de production reste également intéressant à mesurer. L'estimation du coût énergétique des filières de production d'intrants peut varier selon le type d'énergie utilisée. Enfin, les dépenses d'intrants les plus élevées sont généralement liées à la production des engrais azotés. Cet indicateur regroupe souvent la consommation énergétique due à la machine, à l'irrigation, ainsi qu'aux produits phytosanitaires (Doré et al., 2006).

c. Indicateurs sociaux

Les indicateurs sociaux peuvent contribuer à la conservation de l'agriculture dans la région. Par exemple, l'âge qui permet de caractériser la population agricole, permet notamment d'anticiper les évolutions futures et de prévoir des dysfonctionnements à venir.

Une étude d'approche méthodologique pour évaluer et comparer la durabilité des systèmes agricoles de production végétale a été réalisée par Dant Sisa et al., (2010). A cet effet, deux indicateurs sociaux sont choisis : i) le premier se rapportant à l'âge de l'agriculteur et ii) le deuxième est l'emploi agricole qui nous informera sur le niveau de l'emploi. La mesure de cet indicateur est basée sur la main-d'œuvre requise par une unité de terre agricole au cours d'une campagne.

1. Familles et types d'indicateurs

Missud (2006), propose une classification des grandes familles d'indicateurs, en fonction de leur objectif.

- Les indicateurs d'alerte : Ponctuels, ils permettent de se situer par rapport à un seuil d'alerte au delà duquel il convient d'agir.
- Les indicateurs d'éclairage : ils situent la collectivité, la direction ou le service dans son environnement, via la comptabilisation de certains éléments du système.
- Les indicateurs de stratégie: indicateurs de moyen terme, ils sont destinés à apporter aux décideurs, directeurs ou services, une vision globale de la collectivité, du secteur ou du service considéré et de ses principales activités.
- Les indicateurs d'impacts : ils servent à apprécier l'effet d'une politique ou d'un service sur les bénéficiaires dans le cadre d'une démarche qualité. Il peut s'agir de statistiques classiques mais également de résultats d'enquêtes menées auprès de la population ou du groupe d'utilisateurs concernés.

Ces indicateurs peuvent être selon Girardin et al., (1999)

- Simples : résultant de la mesure directe ou de l'estimation au travers d'un modèle d'une variable pertinente. A titre d'exemple, il est possible de citer des indicateurs comme la lixiviation de nitrates

par culture (Belhouchette et al., 2010) ou le taux de matière organique dans le sol (Dogliotti et al., 2004).

- Composés : sont ceux obtenus au travers de procédures d'agrégation de variables ou d'indicateurs simples. L'index de santé économique durable (ISEW), est un exemple qui illustre ce type d'indicateurs.

2. Principales méthodes de calcul d'indicateurs

En considérant les méthodes de calcul d'indicateurs en France (Briquel et al., 2001; Galan et al.,2007), nous distinguons quatre groupes de méthodes en fonction des dimensions prises en compte et du système évalué.

- a. Les méthodes qui s'intéressent aux différentes dimensions de la durabilité à l'échelle de l'exploitation: IDEA (Vilain, 2008), ADAMA (Hani et al., 2003), l'arbre de l'agriculture durable (Pervanchon, 2004), la méthode du Réseau Agriculture Durable (Féret, 2004), et la charte de l'agriculture paysanne (Pervanchon, 2004).
- b. Les méthodes centrées sur la dimension environnementale de la durabilité à l'échelle de la parcelle et/ou de l'exploitation: la plupart des méthodes de ce groupe évaluent de manière indirecte les impacts ou risques d'impacts des pratiques agricoles sur l'environnement. Les indicateurs des méthodes INDIGO, DIALOGUE et DAEG sont pour la plupart calculés à la parcelle, tandis que ceux des méthodes DIALECTE et DIAGE le sont à l'échelle de l'exploitation (Galan et al., 2007; Agro-Transfert Ressources et Territoires, 2007).
- c. Les méthodes centrées sur la dimension environnementale, mais à l'échelle d'un produit, d'une filière ou d'un segment de filière du produit : elles sont généralement basées sur l'analyse du cycle de vie. Cette méthode est de plus en plus utilisée au sein des filières pour identifier les impacts environnementaux sur l'ensemble du processus de production alimentaire.
- d. Les méthodes à l'échelle du territoire: ce sont aujourd'hui des méthodes de suivi plus que des méthodes d'évaluation. Elles ne se présentent pas comme une méthode d'évaluation mais comme une « boîte à outils » pour la sélection d'indicateurs (Guillaumin et al., 2007). Cependant, le choix de ces indicateurs doit être défini en fonction d'un objectif donné, de façon à pouvoir évaluer et comparer les systèmes étudiés pour faciliter la prise de décision.

La considération de la dimension spatiale et temporelle est nécessaire afin de mener à bien la construction d'un indicateur agrégé. Agréger des indicateurs à une échelle dépassant l'exploitation s'avère particulièrement délicat car ces indicateurs sont souvent de nature et d'unités différentes. Cette démarche d'évaluation multicritère des systèmes de cultures et de productions est appelée à se développer comme outil d'aide à la décision dans le cadre des politiques.

A l'échelle de l'exploitation, les indicateurs d'évaluation sont généralement calculés pour une année donnée, puis une agrégation pluriannuelle est proposée afin de caractériser le système de cultures et ses éventuels effets cumulatifs. Pour passer à l'échelle pluriannuelle, les données d'évaluation peuvent être agrégées de deux manières selon leur nature:

1. En réalisant une moyenne des critères annuels: par exemple, la marge brute d'un système de culture peut être calculée comme la moyenne des marges brutes de chaque culture de la rotation. De la même manière, le rendement peut être moyenné pour chaque culture en considérant les années et les différentes parcelles.
2. En cumulant la valeur du critère sur la durée de la rotation: ceci permet dans la moyenne générale de préparer un diagnostic de la situation (exemple : IFT). Ceci sert également à suivre l'évolution d'une composante de fertilité biologique du milieu.

II. Conclusion et choix méthodologique

Le présent document a pour objectif de mettre en lumière la question méthodologique de la représentativité de la diversité des systèmes de cultures et des indicateurs d'évaluation de ces systèmes. Parmi les méthodes de représentation de la diversité des exploitations agricoles présentées dans ce document, notre étude portera plutôt sur le développement d'une typologie structurelle. Cette représentation nous permettra d'identifier des groupes homogènes selon la méthode basée sur la segmentation. Ce choix est dû au fait que les critères de différenciation utilisés sont en nombre limité et qu'une hiérarchie par rapport aux critères de classification est facilement identifiable.

De ces groupes homogènes, des exploitations types seront représentées de trois manières différentes: réelle, moyenne et archétype. L'objectif d'une telle démarche est de voir l'influence que peuvent avoir ces représentations sur les valeurs des indicateurs calculées à l'échelle de l'exploitation et à celle de la région. Par ailleurs, l'outil d'évaluation retenu est une évaluation quantitative des impacts des activités agricoles sur les performances des exploitations agricoles, ce, en calculant des indicateurs d'impacts socio-économiques et environnementaux.

Les hypothèses identifiées dans notre étude ont été établies en fonction du type de typologie et des impacts potentiels de ces choix (de représentation) sur la valeur de l'indicateur. La valeur de chaque indicateur peut varier en fonction de:

1. Type d'exploitation: la valeur des indicateurs calculés diffère selon les caractéristiques des exploitations types (SAU, irrigation) et de leurs orientations technico-économiques (arboricole, maraîchère, grande culture).
2. Type d'indicateurs: la valeur de l'indicateur varie selon le domaine de la question traitée. L'indicateur économique présente souvent une marge d'erreur moins importante par rapport aux indicateurs environnementaux. Cela est dû au fait que les typologies sont souvent établies selon des critères économiques.
3. Echelle de l'indicateur : il est à rappeler que les méthodes basées sur la moyenne ou l'archétype sont mieux appropriées pour l'échelle régionale que pour celle de l'exploitation comme mentionnée dans le chapitre 1.

Ces hypothèses restent à vérifier afin de valider nos interrogations d'une part et d'autre part, proposer une démarche méthodologique qui constituera l'objectif de notre étude.

Partie II

Matériel et méthode

I. Description de la zone d'étude

Notre zone d'étude, « Gharb » est située au nord-ouest du Maroc. Elle est limitée par l'Océan Atlantique à l'ouest, les collines du pré-Rif au nord, le plateau de Maamora au sud et s'élève à une altitude comprise entre 4 et 25 mètres. Elle est composée d'une zone côtière, de bordures continentales et de la plaine alluviale centrale du Sebou qui est le principal oued (ORMVA, 2006). Elle s'étend sur une superficie totale de 616 000 ha dont 388 000 ha de superficie agricole utile (63%), qui elle-même se compose de 138 000 ha de terre cultivée en régime pluvial et 128 000 ha soit 36% et 250 000 ha de terre irrigable (64%).

Cette région est à vocation agricole. Elle se caractérise par une diversité de productions végétales: cultures sucrières, céréales, maraichage, fourrages, légumineuses, oléagineux et arboricultures. La production céréalière occupe une superficie de 203 100 ha soit 52% de la surface cultivée de la région. Elle est suivie du maraichage avec une superficie de 99 387 ha soit 26%. Quant aux cultures sucrières (la betterave à sucre et la canne à sucre), elles occupent une superficie de 23 000 ha soit 6% de la surface cultivée. En ce qui concerne le secteur arboricole, sa superficie est de 16 000 ha soit 4% de la superficie cultivée de la région. Pour les cultures fourragères ; elles s'étendent sur une superficie de 53 000 ha soit 9% de la superficie totale de la région. Les cultures oléagineuses occupent une étendue de 43 300 ha soit 7% de la superficie totale de la région. Cette région est dotée de grandes unités agro-industrielles telles que les sucrières et les industries de transformations du lait (Harbouze et al., 2008)

Le climat est de type méditerranéen dont la température moyenne varie entre 13°C pendant l'hiver et 27°C durant l'été. La pluviométrie est relativement élevée mais très variable d'une année à l'autre. Elle est estimée à 660 mm (annuelle). Le principal cours d'eau de la région est le Sebou (438 km de long) avec un apport annuel de l'ordre de 6 milliards de m³ d'eau, soit 27 % du potentiel en eau du Maroc. Le Gharb constitue donc le bassin hydrographique le plus important du Maroc. Quant aux principaux systèmes d'irrigation, on peut citer principalement, le gravitaire et l'aspersion.

Cette zone présente une diversité des types de sols. On en distingue essentiellement quatre formés par l'accumulation de sédiments très argileux.

a. Dehs : sols de couleur grise avec une texture limoneux-sableuse, situés surtout le long des oueds. Ils présentent une faible teneur en argile (10 à 35%), une forte teneur en limon (20 à 40%) et une faible teneur en calcaire (5 à 15%). Ils sont naturellement bien drainés et s'adaptent à une vaste gamme de cultures (canne à sucre, betterave, céréale, tournesol...). Ils représentent 22% de la superficie totale du Gharb.

b. Tirs : sols de couleur noire avec une texture argileuse nécessitant un drainage superficiel et souterrain. Ils sont essentiellement utilisés pour les céréales, la betterave sucrière, la canne à sucre, les agrumes et les maraichages. Ils représentent 34% de la superficie totale de la région.

c. Rmel : sols ferralitiques rouges ayant un horizon sableux en surface et argileux en profondeur. Ce sont des sols filtrants, à faible rétention en eau et en éléments minéraux. Ils couvrent 12,5% de la superficie du Gharb.

d. Ferchach: sols de texture sableux argileuse avec un taux d'argile plus faible par rapport aux sols de type tirs. Ils constituent des sols entre tirs et dehs (tirs légers se rapprochant des dehs lourds). Ces sols représentent en moyenne 31.5% des sols de la région.

Cependant, cette zone subit divers impacts i) les conséquences de l'urbanisation et d'industrie qui ont un effet néfaste sur l'environnement. Ces actions constituent des sources potentielles de pollution. A cela

s'ajoute la production intensive (betterave, canne à sucre) dans les unités agro-industrielles implantées sur ces périmètres. Les cas les plus graves sont ceux du bassin du Sebou, avec la ville de Fès (Gharb, Loukkos), ii) les problèmes en terme de concurrence pour l'utilisation de la ressource « eau » qui est limitée entre les principaux secteurs utilisateurs : irrigation, eau potable, énergie, industrie, tourisme, pêche, iii) la pollution diffuse au sein du domaine hydro-agricole, elle serait due notamment aux apports massifs des engrais et des pesticides. Elle affecte essentiellement les sols et les eaux des nappes phréatiques et pourrait aussi contaminer les écoulements de surface recueillant des eaux de drainage (Debbarh et al., 2002).

La région présente également plusieurs exploitations de tailles différentes. Celles-ci pratiquent des cultures en sec et en irrigué avec la mise en place d'itinéraires techniques variés en fonction des cultures et des sols. Ainsi, analyser la performance de ces systèmes de culture et de production nous amène à en tenir compte des échantillons représentatifs préalablement choisis.

II. Méthode et démarche générale

Afin de représenter la diversité des activités agricoles de la zone, il est nécessaire d'élaborer une typologie des exploitations agricoles. Cette dernière regroupera l'ensemble des exploitations homogènes représentées par une exploitation type.

Tout au long de notre étude, nous appliquerons trois approches de représentation de l'exploitation type: réelle, moyenne et archétype. A partir de celles-ci, nous évaluerons le poids de ces différentes formes de représentation sur les indicateurs de durabilité à l'échelle de l'exploitation puis de la région.

Dans la section suivante, nous représenterons en détail les principales étapes de notre démarche:

- 1. Données utilisées:** les données ont été récupérées à partir d'une enquête réalisée auprès d'un échantillon de 48 exploitations (Herbouze, 2009 ; Mamounata, 2006). Nous avons également collecté des fichiers et des documents d'étude préalables qui nous ont servi comme support d'analyse.
- 2. Elaboration d'une typologie des exploitations:** nous avons conçu une typologie à partir de la méthode de segmentation. Les critères discriminants sont choisis un à un de façon graduelle en commençant par la taille économique des exploitations représentant le facteur le plus discriminant, suivi par l'orientation technico économique (OTEX) puis le taux d'irrigation. A partir de cette classification, nous avons sélectionné une exploitation type, selon trois approches : réelle, moyenne, archétype.
- 3. Evaluation des exploitations types:** nous avons évalué chaque exploitation type par des indicateurs environnementaux et socio-économiques afin d'estimer le poids des ces différentes formes de représentations sur les indicateurs de durabilité d'abord, à l'échelle de l'exploitation et ensuite à celle de la région.

III. Méthode proposée

1. Présentation des exploitations agricoles

L'échantillon de notre étude est constitué par 48 exploitations situées dans la région « Gharb » au Maroc. Les exploitations dominantes du territoire sont spécialisées en céréales, maraichage, arboriculture et cultures sucrières. Ces exploitations ont été choisies de manière à refléter la diversité de la région.

A. Critères de la typologie

Les critères retenus pour la classification des exploitations sont les suivants :

a] Dimension économique

La marge brute standard (MBS) sert à déterminer la dimension économique des exploitations agricoles. Elle est exprimée en Unités de Dimension Economique (UDE). Pour cela, chaque production est recensée sur une exploitation et affectée d'un coefficient de "Marge brute standard" (MBS) correspondant au produit dégagé. Toutes les marges brutes individuelles (par culture) sont agrégées par exploitation. La MBS est alors exprimée en "hectares d'équivalent-blé", qui exprime le nombre d'hectares de blé que dégagerait la même marge brute standard. L'unité de dimension économique représentant un hectare et demi (1,5 ha) de blé, chaque exploitation peut donc être définie en nombre d'UDE, ce qui permet des comparaisons.

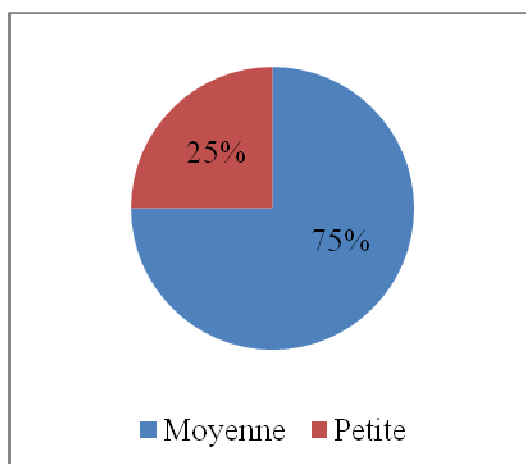
Concrètement, pour calculer la dimension économique nous avons suivi quatre étapes :

1. Déterminer la marge brute standard du blé de toutes les exploitations
2. Etablir une moyenne de toutes ces marges brutes. ($MB_{moyenne}$ du blé)
3. Exprimer cette marge brute en « hectares d'équivalent-blé », qui représente l'UDE (UDE dans notre cas est de 3279 dirham).
4. Déterminer la dimension économique de l'exploitation en divisant la marge brute totale de l'exploitation agricole par la valeur de l'UDE.

Cette démarche nous a permis de regrouper les 48 exploitations en 2 classes. Les exploitations de petite taille représentent 26 exploitations; soit 54 % de la totalité de notre échantillon. Les exploitations dont la taille économique est petite sont définies par une UDE entre 1-17. Alors que 46 % sont représentés par 22 exploitations de taille moyenne. Les exploitations dont la taille économique est moyenne sont définies par une UDE entre 18 et 257.

Cette classification nous a permis de constater que les exploitations moyennes couvrent environ 75% de la superficie totale. Ces exploitations sont définies par une superficie moyenne de 13 ha. Quant aux exploitations de petite taille, définies par une superficie moyenne de 3 ha (figure 1), elles ne couvrent que 25% de l'ensemble de la superficie agricole.

Figure 1. Part de la taille des exploitations par rapport à la superficie totale



b] Orientation technico économique : OTEX

La part relative de la MB des différentes cultures d'une exploitation nous a permis de classer chaque exploitation dans une orientation technico-économique (OTEX) en fonction de sa spécialisation.

Concrètement, nous avons suivi trois étapes :

1. Déterminer la MB de chaque culture par exploitation.
2. Déterminer la part de la MB de chaque culture par rapport à la marge brute totale de l'exploitation.

- Définir la vocation pour chaque exploitation selon la culture dont la part de la marge brute est importante.

Cette démarche nous a permis de déterminer trois groupes d'exploitations: grande culture, culture maraîchère et l'arboriculture.

Les exploitants qui font des grandes cultures représentent (56%) de notre échantillon, suivis par les exploitations assurant la production maraîchère avec 29%. Par contre, les exploitations à vocation arboricoles ne représentent que 15%. (Figure 2).

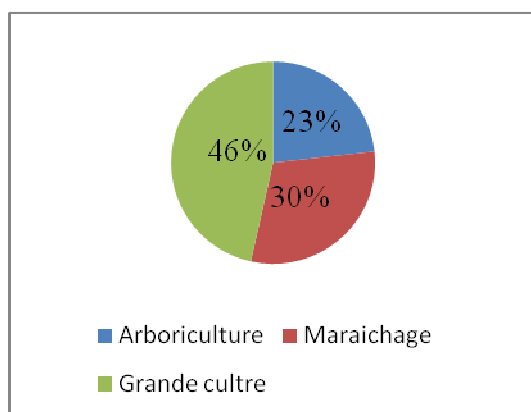


Figure 2. Représentation des spéculations par rapport aux nombres d'exploitations

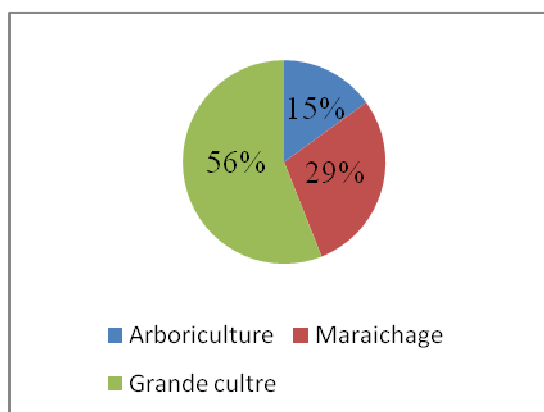


Figure 3. Répartition des spéculations par rapport à la taille

L'analyse de l'enquête a permis également de montrer que les exploitants qui font les grandes cultures représentent la part la plus élevée en termes de surface (185,66ha) par rapport à la superficie totale (402,06ha), suivis par des exploitations à vocation maraîchère (123,1ha). Quant aux exploitations arboricoles, elles ne représentent que 93,3ha de notre échantillon. (Figure 3).

c] SAU irriguée

La classification selon le taux d'irrigation nous a permis de déterminer deux classes. Les exploitations dont la superficie irriguée est supérieure à 50 %; elles sont définies comme « irriguée » et représentent 29 exploitations. Quant aux exploitations dont la superficie irriguée est inférieure à 50 % de la SAU, elles sont classées en sec et ne représentent que 19 exploitations.

La construction de cette typologie des exploitations nous a permis de constater la complexité du système agricole dans la zone. A cet effet, il existe une grande variabilité des systèmes de culture qui est la conséquence d'un milieu assez variable par rapport au type de sol, à la disponibilité en eau, au mode d'irrigation et aux itinéraires techniques tels que les fréquences de traitements et de fertilisations.

La conception de cette typologie basée sur un échantillon de 48 exploitations, nous a permis d'identifier 10 groupes classés selon les critères de typologie. Ces exploitations types sont décrites en détail en annexe (Annexe1).

2. Caractéristiques des exploitations agricoles

- L'analyse de notre échantillon (48 exploitations) croisée avec les résultats de la typologie montre que les exploitations peuvent être classées selon le type de système de production (tableau 2) : 27

exploitations pratiquent des grandes cultures (céréale, fourrage, culture sucrière); 14 exploitations sont de type maraichage (tomate, fève, pastèque...), et 7 exploitations sont identifiées comme arboricoles (Agrume).

- De plus, le tableau 2 spécifiant les systèmes d'irrigation montre que 67% des exploitations utilisent le gravitaire ; parmi elles, 59% cultivent des grandes cultures, 19% du maraichage et 22% de l'arboriculture. Parmi les 21% exploitations pratiquant le goutte à goutte, nous remarquons que 80% utilise ce système pour arroser le maraichage et 20% pour les grandes cultures. Par ailleurs, 13% des exploitations irriguent par aspersion et ne cultivent que des grandes cultures.
- L'analyse fait ressortir également que l'aspersion est appliquée exclusivement pour l'arboriculture. Le système d'irrigation « goutte à goutte » est surtout utilisé pour les grandes cultures. Quant au gravitaire, il est utilisé pour toutes les cultures.
- Pour les traitements phytosanitaires, notre échantillon enregistre des doses importantes pour les cultures maraîchères, soit en moyenne 6 traitements phytosanitaires, surtout pour la tomate, pastèque et melon. Quant aux exploitations arboricoles et de grande culture, celles-ci appliquent en moyenne deux traitements par culture.
- En ce qui concerne le type de sol, 40 % des exploitations de l'échantillon sont cultivées sur des sols argileux dont 47% réalisées en grandes cultures, 42% en maraichage tandis que l'arboriculture ne représente que 11%. Les sols de texture limoneux-sablonneux représentent 25% des exploitations de l'échantillon avec 42% d'arboriculture et 58% de grandes cultures. Les sols de type sablo-argileux représentent 23 % avec 55% de maraichage et 45% de grandes cultures. Quant aux sols de texture argilo-sableuse, ils ne représentent que 13% avec 100% de grandes cultures.

En conclusion, notre échantillon est caractérisé par une diversité importante par rapport aux types de sols, systèmes d'irrigation, nombre de traitements et le type de cultures. Les caractéristiques qui ressortent de notre analyse sont les suivantes:

- Les systèmes de cultures arboricoles sont toujours cultivés en irrigué et en gravitaire. Ils sont pratiqués sur deux types de sols : argileux (Tirs) et limoneux sableux (Dehs). Ces systèmes sont peu consommateurs de pesticides ; ils appliquent en moyenne deux traitements par culture.
- Les systèmes de culture composés de grande culture, représentent la tranche la plus importante avec 56%. Ils sont cultivés sur quatre types de sols et trois systèmes d'irrigation (gravitaire, aspersion et goutte à goutte) pour les exploitations de petite taille et deux systèmes d'irrigation pour les exploitations de taille moyenne (gravitaire et aspersion).
- Les systèmes de culture maraîchère sont cultivés sur deux types de sols : Argileux (Tirs) et Sableux (Rmel) avec deux systèmes d'irrigation : le gravitaire et le goutte à goutte. Ces systèmes appliqués génèrent plusieurs traitements phytosanitaires.
- Cette classification nous a permis également de faire ressortir que les exploitations de taille économique petite sont majoritaires par rapport aux exploitations de taille économique moyenne.

Tableau 2. Caractéristiques de l'ensemble de l'échantillon

		Caractéristiques de l'ensemble de l'échantillon									
		Nombre d'exploitation	Système d'irrigation			Type de sol *				Nombre de traitement phytosanitaire	Consommation en eau (m ³ /ha)
			Gravitaire	Aspersion	Goutte à goutte	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄		
Grande culture	Petite	17	13	2	2	6	5	3	3	3	2456
	Moyenne	10	6	4	0	3	2	3	2	4	4628
Arboriculture	Petite	3	3	0	0	2	1	0	0	2	3818
	Moyenne	4	4	0	0	1	3	0	0	2	4882
Maraichage	Petite	6	3	0	3	3	0	0	3	6	2395
	Moyenne	8	3	0	5	5	0	0	3	10	3428

*Type de sol : S₁: Sol argileux (Tirs)
typologie

S₂: Sol limoneux sableux (Dehs)
S₃ : Sol Sableux argileux (Ferchach)
S₄: Sol Sableux (Rmel)

Source : Résultat de la

3. Description des exploitations type

Pour chaque classe d'exploitation, une exploitation type a été sélectionnée. Chacune d'elle est caractérisée par une SAU, un assolement et un itinéraire technique. Toutes les variables exploitées ont été déterminées grâce aux données des enquêtes (Annexe1).

A. Représentation réelle

Notre démarche consiste à établir pour chaque classe d'exploitations homogènes, une moyenne par rapport à deux critères: SAU et SAU_{irriguée}. Le choix de l'exploitation type est basé sur l'exploitation dont ces critères (SAU, SAU_{irriguée}) se rapprochent le plus de la moyenne.

Concrètement, la sélection de l'exploitation type pour chaque classe d'exploitation, est basée sur la SAU_{moyenne}, suivie dans certains cas de la moyenne de la SAU_{irriguée}. Ce 2eme critère (SAU irriguée) est calculé dans le cas où deux exploitations présentent la même SAU moyenne.

Les caractéristiques des exploitations réelles de notre échantillon font ressortir les constatations suivantes:

- Les exploitations réelles dont la taille économique est petite, présentent une SAU comprise entre 2 à 5 ha. Par contre, celles qui présentent une taille économique définie comme moyenne ont une SAU entre 10 à 16 ha.
- Les exploitations à vocation arboricole sont toujours cultivées en irrigué. Elles présentent un assolement composé d'agrumes comme culture dominante associée à des céréales. Elles sont cultivées sur deux types de sols: limoneux sableux (Dehs) et argileux (Tirs). Les exploitants appliquent deux traitements pour les agrumes et un seul traitement pour les cultures associées (céréales).
- Les exploitations à vocation maraîchère sont cultivées en irrigué et en sec, sur deux types de sols: sableux (Rmel) quand les cultures sont en irrigué et sur des sols argileux (Tirs) quand les cultures sont en sec.
- Les exploitations irriguées, de taille économique moyenne présentent un assolement composé de cultures à forte valeur ajoutée (pomme de terre, tomate, pastèque). Par contre, les cultures en sec présentent un assolement composé de cultures maraîchères comme cultures dominantes associées aux céréales. Pour les exploitations en irrigué, une moyenne de cinq traitements est appliquée contre un seul traitement pour les cultures en sec.
- Les exploitations classées comme grandes cultures sont cultivées en irrigué et en sec. Les cultures en irrigué sont pratiquées sur deux types de sols : sableux argileux (Ferchach) pour les exploitations de taille économique moyenne face à celles classées comme petites, cultivées sur des sols de type limoneux sableux (Dehs). En revanche, les cultures en sec sont toujours cultivées sur un sol de type Tirs. Les exploitations en irrigué n'appliquent aucun traitement, alors qu'en sec une moyenne de quatre traitements est réalisée.

B. Représentation moyenne

Pour construire une exploitation moyenne, la démarche consiste à établir une exploitation type pour chaque classe d'exploitations homogènes. L'exploitation type sera basée sur une moyenne de tous les critères caractérisant l'exploitation: SAU, Otx et SAU_{irriguée}. Cette approche est également appliquée afin de construire un itinéraire technique moyen. Ce dernier a été élaboré en faisant une moyenne par rapport au nombre de traitements appliqués, marge brute par culture, énergie utilisée, consommation en eau, et cela pour chaque classe d'exploitation.

Les caractéristiques des exploitations moyennes sont:

- Les exploitations moyennes dont la taille économique est petite, présentent une SAU comprise entre 2 et 5 ha. Par contre, celles qui présentent une taille économique moyenne, elles ont une SAU comprise entre 8 et 20 ha.
- L'exploitation moyenne à vocation arboricole pratique en moyenne six cultures. Elles sont toujours cultivées en irrigué. Elles présentent un assolement composé d'agrumes comme culture dominante associée à des céréales et du maraichage. Elles sont cultivées sur trois types de sols. Ces exploitations appliquent un traitement pour les agrumes, contre une moyenne de trois traitements pour les céréales.
- L'exploitation moyenne à vocation maraîchère pratique en moyenne sept cultures. Elles sont cultivées en irrigué et en sec sur deux types de sols : sableux argileux (Rmel) quand les cultures sont en irrigué et sur des sols argileux (Tirs) quand les cultures sont en sec. Elles présentent un assolement dominé par les cultures maraîchères associées aux grandes cultures. Les exploitations irriguées de taille économique moyenne présentent un assolement composé de cultures à forte valeur ajoutée (pomme de terre, tomate, pastèque), et celles cultivées en sec présentent un assolement composé de cultures maraîchères comme cultures dominantes associées aux céréales. Les exploitations en irrigué appliquent une moyenne de quatre traitements par culture à l'exception de la tomate pour laquelle une moyenne de 6 traitements est appliquée. Quant aux cultures en sec, un seul traitement par culture est appliqué.
- L'exploitation moyenne classée comme grande culture pratique en moyenne onze cultures. Elles sont cultivées en irrigué et en sec sur quatre types de sols. Les cultures dominantes sont les grandes cultures associées principalement aux cultures maraîchères. Les exploitations en irrigué appliquent en moyenne trois traitements par culture ; par contre, en sec une moyenne de deux traitements est appliqué.
- Il est à noter également que pour chaque culture plusieurs itinéraires techniques sont possibles. En effet, la construction d'une exploitation moyenne engendre parfois pour une culture donnée une différence par rapport au nombre de traitements, doses d'irrigation, ou l'énergie liée aux machines tel que le montre l'exemple 1 (tableau3). Nous remarquons par exemple que dans une exploitation moyenne, la culture de blé tendre est mécanisée ; or, dans une exploitation réelle elle ne l'est pas. Par conséquent, l'itinéraire technique pour une culture donnée diffère selon le type d'exploitation.

Tableau 3. Consommation d'énergies liées à la machine par culture , pour l'exploitation moyenne arboricole irriguée.

Energie liées à la machine (MJ/ha)			
	Culture	SAU (ha)	EJ_{machi} /culture
Réelle	Blé tendre	2,5	0
	Agrume	10	557,6
	BAS	3	1439,6
Moyenne	Blé dur	4,93	2076
	Blé tendre	0,99	2076
	Agrume	11,43	557,6
	Luzerne	0,6	949
	Bersim	0,2	1340,4
	BAS	0,8	1439,6
	Melon	0,8	782,8

C. Représentation archétype

La réalisation des exploitations archétypes a été faite à partir de la simplification des exploitations moyennes. L'idée est, qu'en se basant sur une exploitation moyenne élaborée à partir de données d'enquête, il est possible de reconstruire une exploitation archétype en se référant à la réalité du terrain.

Ces simplifications sont appliquées selon des règles de décision établies en fonction de certains critères observés réellement sur le terrain. Ces simplifications sont principalement réalisées par rapport aux nombres de cultures pratiquées ainsi qu'aux types de sol par exploitation.

Ces paramètres ont été choisis par rapport aux pratiques des agriculteurs dans la réalité i) en effet, si on se réfère à une exploitation réelle, le nombre de cultures ne dépasse pas 4 cultures par exploitation; or, dans une exploitation moyenne (annexe 1), on se retrouve parfois avec 12 cultures par exploitation et ii) un seul type de sol est observé par exploitation; or, dans une exploitation moyenne, on se retrouve parfois avec quatre types de sol.

Concrètement, la simplification a été basée sur des règles de décision fondées sur deux paramètres définis comme suit : choix des cultures et type de sol

a] Choix des cultures

La sélection des cultures d'une exploitation archétype est identifiée en prenant comme référence la superficie moyenne qu'occupe une culture par exploitation type:

$$C_r = \frac{S}{N_c} \dots\dots\dots (1)$$

Avec

- C_r : Superficie moyenne par culture (ha)
- S : Surface totale de l'exploitation moyenne
- N_c : Nombre de cultures d'une exploitation moyenne

En appliquant cette formule, les cultures représentant l'exploitation archétype sont celles qui présentent uniquement une superficie supérieure ou égale à la superficie moyenne (tableau 4-a).

Par exemple, l'exploitation moyenne représentant le type « Moyenne_Grande culture_Irriguée » présente dix cultures avec une SAU moyenne de 12,50 ha. (tableau-a). En appliquant la règle (1), les cultures de l'exploitation archétype dans ce cas, ne représenteront que trois cultures (canne à sucre, blé tendre et arachide) (tableau 4-b).

Il est à noter que différentes approches peuvent être appliquées afin de sélectionner les cultures type d'une exploitation archétype comme par exemple sélectionner toutes les cultures qui ont une superficie de plus d'une surface minimum, ou bien agréger toutes les cultures de même famille (blé dur, blé tendre, orge), en les représentant par une seule culture tout en gardant la même superficie de l'exploitation moyenne ou sélectionner uniquement les cultures présentant les superficies les plus élevées.

Dans notre cas, nous avons agrégé la surface de toutes les cultures de même famille de la culture identifiée par la règle (1) afin de garder la même superficie moyenne (tableau 4-c). Ce choix est arbitraire et ne doit pas jouer énormément sur la démarche globale qui a pour objectif d'évaluer le poids de chaque type de typologie sur la valeur de nos indicateurs de durabilité.

Tableau 4. Choix des cultures d'une exploitation moyenne à une exploitation archétype

Culture	SAU (ha)
Bersim	1,07
CAS	4,54
Blé tendre	2,16
Orge	0,66
Arachide	2,01
Poivron	0,16
Pastèque	0,25
BAS	0,91
Aubergine	0,08
Tomate	0,66
	12.5

$$c_i = \frac{i}{V_k}$$

12.5 / 10 = 1.25 > ha

Culture	SAU (ha)
CAS	4.54
Blé tendre	2.16
Arachide	2.01

Culture	SAU (ha)
CAS	5,45
Blé tendre	3,89
Arachide	3,16

- (a): Cultures d'une exploitation moyenne
 (b): Cultures sélectionnées pour l'exploitation archétype
 (c): Surface attribuée pour chaque culture sélectionnée

b] Type de sol :

Le sol retenu pour l'exploitation archétype sera celui de la culture dominante. En prenant le même exemple (tableau 5), on remarque que le type de sol dominant est le Tirs. (tableau 5)

Tableau 5. Choix du type de sol

Culture	SAU _i (ha)	SAU (ha)	Type de sol
Canne à sucre (CAS)	4,54	0,70	Dehs
		0,83	Tirs
		0,91	Rmel
		2,10	Ferchach
Blé tendre	2,16	0,16	Dehs
		2,00	Tirs
Arachide	2,01	0,41	Tirs
		1,60	Rmel
	8,71	8,71	

Type de sol	SAU (ha)
Dehs	0,86
Tirs	3,24
Rmel	2,51
Ferchach	2,10

En suivant cette démarche, nous avons bâti nos exploitations archétypes qui seront décrites et résumées dans le tableau en annexe : (Annexe 1)

- Les exploitations archétypes à vocation arboricole représentent deux cultures : les agrumes comme culture principale qui sont toujours cultivés en irrigué, associés aux céréales. Elles sont cultivées sur deux types de sols : limoneux sableux (Dehs) pour les agrumes et sol argileux pour les céréales. Les exploitants appliquent un traitement par culture. Il est à signaler que la construction de l'itinéraire technique des cultures d'une exploitation archétype est basée sur l'itinéraire technique moyen de chaque culture.
- Les exploitations archétypes à vocation maraîchère pratiquent en moyenne trois cultures par exploitation. Elles présentent un assolement dominé par le maraichage associé aux grandes cultures (céréales et cultures sucrières ; par contre, elles ne présentent pas les mêmes cultures. Elles sont

cultivées sur deux types de sol : sableux (Rmel) pour les cultures maraîchères et sur sol argileux pour les grandes cultures. Les exploitants appliquent en moyenne cinq traitements phytosanitaires en irrigué et un seul traitement en sec, à l'exception de la tomate pour laquelle ils appliquent en moyenne 4 traitements.

- Les exploitants des grandes cultures pratiquent en moyenne quatre cultures par exploitation, des céréales associées aux cultures sucrières. Ces cultures sont cultivées sur un sol argileux. Dans ce cas, les exploitants appliquent un traitement par culture. (annexe 1).

IV. Calcul d'indicateurs

La démarche d'évaluation des systèmes de cultures consiste à calculer des indicateurs de durabilité. L'ensemble des indicateurs pris en compte sont mesurés à l'échelle de l'exploitation pour être ultérieurement extrapolés à l'échelle de la région.

1. Indicateurs environnementaux

Cinq indicateurs sont proposés afin de mesurer l'impact environnemental : IFT, la diversité des cultures, consommation en eau et consommation en énergie due aux machines et à l'irrigation.

A. Indice de fréquences de traitement (IFT)

Les doses de traitements appliquées sont caractérisées par l'indicateur de fréquence de traitement (IFT). Il correspond au nombre de doses homologuées de pesticides appliquées sur une parcelle pendant une campagne culturale. Cet indicateur reflète l'intensité d'utilisation des pesticides (Pingault, 2007).

La comparaison du nombre d'herbicides et des doses apportées permet d'estimer le nombre de polluants potentiels. Plus le nombre de molécules apportées est important, plus le nombre de polluants potentiels de l'environnement sera important. De même, plus les doses seront importantes, plus les risques de contamination de l'environnement seront élevés.

L'IFT a été calculé d'abord à l'échelle de la parcelle puis à l'échelle de l'exploitation.

a. IFT par culture (IFT_c)

$$IFT_c = \frac{\text{Dose appliquée} * \text{Surface traitée}}{\text{Dose homologuée} * \text{Surface de la parcelle}}$$

b. IFT par exploitation

Cet indicateur à l'échelle de l'exploitation a été calculé en pondérant par la surface

$$IFT_{exp} = \frac{(IFT_{c1} * S_{c1}) + (IFT_{c2} * S_{c2}) + \dots + (IFT_{cn})}{S_t}$$

Avec

IFT_c : IFT de la culture

S_c : Surface de la culture (ha)

S_t : Surface totale de l'exploitation (ha)

B. Consommation en eau

Cet indicateur a été calculé à l'échelle de l'exploitation. La quantité d'eau apportée pour 1ha de terre cultivée (C_{eau}) est définie par la somme des consommations en eau par culture pondérée à la surface de la culture puis divisée par la surface totale de l'exploitation.

$$C_{eau} = \sum \frac{(C_1 * S_1) + (C_2 * S_2) + \dots + (C_n * S_n)}{S_t}$$

Avec

- C_{eau} : Consommation en eau d'une exploitation (m^3/ha)
- C : Consommation en eau par culture (C_1, C_2, \dots, C_n) (m^3/ha)
- S : Surface de chaque culture (S_1, S_2, \dots, S_n) (ha)
- S_t : Surface totale de l'exploitation (ha)

C. Diversité

Cet indicateur est calculé à l'échelle de l'exploitation. Il est défini comme le nombre minimum de culture pour couvrir $\frac{3}{4}$ de la surface de l'exploitation (Turpin et al., 2010). Plus ce nombre est élevé, plus la biodiversité d'une exploitation est supposée élevée.

D. Estimation de la consommation de l'énergie due au machinisme (E_{mach})

Cet indicateur exprime l'impact des pratiques agricoles en termes d'énergie directe due aux différentes machines utilisées sur l'exploitation. C'est un indicateur d'impact calculé d'abord à l'échelle de la parcelle puis agrégé à celle de l'exploitation.

Le calcul de cet indicateur est effectué en estimant l'énergie pour chaque passage d'outil à l'aide d'une équation adaptée de Donaldson et al., 1994.

$$E_{\text{machi}} = ((36P_a C / \eta) / (VL)) + D/S \dots \dots (1)$$

Avec

- E_{machi} : consommation de l'énergie pour le passage de l'outil i (MJ/ha)
- P_a : puissance absorbée du tracteur pour la machine (kW),
- V : la vitesse du tracteur (km/h)
- L : la largeur de l'outil (m)
- C : un facteur de correction prenant en compte des risques de surconsommation
- D : un facteur de correction prenant en compte l'éloignement de la parcelle
- S : la surface de la parcelle (ha), (CEMAGREF, 1991)
- η le rendement du moteur estimée à 35%.

Pour l'ensemble des outils : $E_{\text{mach}} = \sum E_{\text{mach}}$

Il est à noter que les informations de tous les facteurs machines et les coefficients présentés dans l'équation 1 ne nous ont pas été accessibles afin de calculer la consommation d'énergie. Nous avons eu seulement des données sur le type de machine et le nombre d'heures utilisées pour une opération spécifique. Par conséquent, Bockstaller et Girardin., (2008), a déjà calculé le montant de la consommation d'énergie en utilisant la méthode ci-dessous de la consommation d'énergie figurant au tableau 4. Nous avons utilisé la même quantité de la consommation d'énergie pour les machines, pour calculer la consommation totale d'énergie dans notre étude.

Tableau 6. Energie consommée selon le type de machine

Type de machine	Cover crop	Rotovateur	Semoir	Moissonneuse batteuse
Efficiencie (h/ha)	1	1	1	1
P_a (kW)	0.736	0.736	0.736	-
C	1	1	1	-
V (km/h)	3.33	3.33	3.33	-
L (m)	3	3	3	-
Puissance	52	65	22	-
Energie consommée (MJ/h)	391.4	490.6	166.2	1127

Source: Bockstaller et Girardin. 2008

E. Estimation de la consommation de l'énergie due à l'irrigation (E_{irri})

C'est un indicateur d'impact calculé d'abord à l'échelle de la parcelle puis agrégé à l'échelle de l'exploitation. La consommation d'énergie due à l'irrigation est estimée à l'aide d'une équation adaptée de Duke, 1989.

$$E_{irri} = (36P_u I / (QG)) + A/S$$

Avec

E_{irri} : consommation de l'énergie due à l'irrigation (MJ/ha)

P_u : puissance absorbée de la pompe (kW),

I : dose totale d'irrigation (mm)

Q : débit de la pompe (m^3/h)

G : un facteur de correction prenant en compte des risques de surconsommation

A : un facteur de correction prenant en compte le coût énergétique du forage

S : la surface de la parcelle (ha).

Il est à noter que les informations fournies dans notre base de données pour le calcul de la consommation d'énergie par l'irrigation ne nous ont pas été accessibles. Par conséquent, Bockstaller et Girardin., (2008), ont déjà calculé le volume total de la consommation d'énergie due à l'irrigation en utilisant la méthode ci-dessous. D'après Bockstaller, l'énergie nécessaire pour irriguer $1m^3/ha$ est de 5,5 MJ d'énergie pour un arroseur ou un pivot (moteur thermique). Nous avons des données sur la quantité d'eau d'irrigation (m^3/ha) utilisée pour chaque culture. Donc, on peut facilement calculer le volume total de la consommation d'énergie due à l'irrigation.

2. Indicateurs socio économiques

Les données socio-économiques des systèmes de cultures proviennent d'une base de données construite à partir des enquêtes. Les indicateurs socio-économiques représentent la marge brute et la main d'œuvre. Nous les avons calculés à l'échelle de l'exploitation puis agrégés à l'échelle régionale.

A. Marge brute

L'équation de la marge brute est définie par: $MB = \text{recette} - \text{charges opérationnelles}$.

Equation 1. À l'échelle de la parcelle

- Calcul des recettes

$$R = \sum (Rdt * PV)$$

Avec

R : Recette de l'exploitation (Dirham/ha)

Rdt : Rendement par culture (qx/ha)

PV : Prix de ventre d'un quintal (Dirham)

- Calcul des charges opérationnelles (C_{HO})

$$C_{HO} = \sum C_{trt} + \sum C_{tw} + \sum C_{mo} + \sum C_{sem} + \sum C_{irrig} + \sum C_{div}$$

Avec

C_{trt} : Les coûts des traitements phytosanitaires (Dirham/ha)

C_{tw} : Les coûts liés aux travaux du sol (carburant) (Dirham/ha)

C_{mo} : Les coûts de main d'œuvre (Dirham/ha)

C_{sem} : Les coûts liés aux semences (Dirham/ha)

C_{irrig} : Les coûts d'eau d'irrigation (Dirham/ha)

C_{div} : les coûts divers (fils de fer, plastique ...) (Dirham/ha)

Equation 2. À l'échelle de l'exploitation

$$MB_{exp} = \frac{\sum (MB_{c1} * S_{c1}) + (MB_{c2} * S_{c2}) + \dots + (MB_{cn} * S_{cn})}{S_t}$$

Avec

MB_c : Marge brute par culture
 S_c : Surface de la culture
 S_t : Surface totale de l'exploitation

B. Besoin en main-d'œuvre

L'indicateur est défini par le nombre de jours de travail par culture et puis agrégé à l'échelle de l'exploitation.

$$B_{mo} = \sum [B_{mo}(\text{epon}) + B_{mo}(\text{trt}) + B_{mo}(\text{rec}) + B_{mo}(\text{sem}) + B_{mo}(\text{irri}) + B_{mo}(\text{plant}) + B_{mo}(\text{div})] * S \text{ (ha)}$$
$$B_{mo} = \sum B_{mo}(h) * \text{surface (ha)}$$

Avec

B_{mo} : Besoin en main-d'œuvre par jour
 $B_{mo}(\text{epon})$: besoin de main-d'œuvre pour l'épandage
 $B_{mo}(\text{trt})$: besoin de main-d'œuvre pour le traitement
 $B_{mo}(\text{rec})$: besoin de main-d'œuvre pour la récolte
 $B_{mo}(\text{sem})$: besoin de main-d'œuvre pour le semis
 $B_{mo}(\text{irri})$: besoin de main-d'œuvre pour l'irrigation
 $B_{mo}(\text{plant})$: besoin de main-d'œuvre pour la plantation
 $B_{mo}(\text{div})$: besoin de main-d'œuvre occasionnelle, saisonnière...
 S : Surface cultivé (ha)

V. Agrégation à l'échelle régionale

Afin de passer à l'échelle régionale, la méthode d'agrégation des indicateurs calculés à l'échelle de l'exploitation dépend de la nature de l'indicateur. Pour les indicateurs environnementaux et de la biodiversité (IFT, indicateur énergétique, diversité, consommation en eau), l'agrégation s'est faite par pondération par rapport à la surface selon la formule suivante :

$$I_r = \sum \frac{(n_i S_{\text{exp } i} * I_{\text{exp } i})}{(S_{\text{exp } i} * n_i)}$$

Avec

I_r : Indicateur régional
 n_i : Nombre d'exploitation représenté par l'exploitation type
 $S_{\text{exp } i}$: Superficie de chaque exploitation (ha)
 $I_{\text{exp } i}$: Valeur de l'indicateur environnemental

Par contre, pour les indicateurs socio-économiques (marge brute et main d'œuvre), l'agrégation s'est faite selon le nombre de chaque exploitation type en suivant la formule suivante :

$$I_r = \sum \frac{(n_i * I_{\text{exp } i})}{n_i}$$

Avec

I_r : Indicateur régional
 n_i : Nombre d'exploitation
 $I_{\text{exp } i}$: Valeur de l'indicateur (marge brute ou main d'œuvre)

VI. Evaluation des indicateurs

Pour notre analyse, nous avons retenu comme référence pour comparer l'ensemble des indicateurs les deux situations suivantes:

- A l'échelle de l'exploitation : nous considérons comme référence les indicateurs calculés à partir de la représentation réelle pour évaluer les représentations moyenne et archétype.
- A l'échelle de la région : nous considérons les indicateurs agrégés par système de production pour les 48 exploitations comme référence pour évaluer l'ensemble des indicateurs pour les trois types de représentation : réelle, moyenne et archétype.

Partie III

Résultats et discussions

I. Evaluation des indicateurs à l'échelle de l'exploitation

1. Indicateurs environnementaux

A. Indice de fréquence de traitement (IFT)

En comparant la valeur des indicateurs calculés par exploitation de type moyenne à ceux des réelles (tableau 7), nous remarquons deux types de résultats :

- Des exploitations moyennes présentant un IFT proche de l'IFT réel et dont la différence est inférieure à 2.6%. C'est le cas des exploitations arboricoles moyennes et petites (Moy_Arbo_Irri et Pet_Arbo_Irri), des petites exploitations maraîchères conduites en sec et en irrigué (Pet_Marai_Irri, Pet_Marai_Sec) de même que l'exploitation grande culture conduite en irrigué (Pet_GC_Irri).

L'analyse de ces exploitations montre qu'elles présentent les mêmes caractéristiques, de point de vue assolement, niveau de traitement et IFT par culture. En effet, à titre d'exemple dans l'exploitation arboricole moyenne irriguée (Moy_Arbo_Irri) la culture dominante en superficie et en IFT reste la même pour les deux types de représentations (tableau 8). Dans ce cas, les agrumes occupent, dans la représentation moyenne et réelle, une superficie de l'ordre de 64% de la superficie totale de l'exploitation avec un IFT de trois. Ce résultat est le même pour les autres exploitations, même si, dans certains cas (exemple Pet_Marai_Irri), il y a en moyenne plus de cultures dans la représentation moyenne que dans la réelle. Ce résultat est dû au fait que ces cultures occupent souvent des superficies trop faibles (inférieures à 0,1ha) et avec des IFT faibles (inférieures à 3) par rapport aux cultures dominantes (pastèque et tomate qui occupent 65% de la superficie avec un IFT de 3 dans le cas de l'exploitation petite maraîchère irriguée (Pet_Marai_Irri) (annexe1)

- Des exploitations moyennes qui présentent des IFT différents (supérieurs à 48%) par rapport aux exploitations réelles (tableau 7). Pour comprendre cette différence, nous nous sommes intéressés à l'analyse de l'exploitation moyenne maraîchage qui présente un IFT trois fois plus important dans la représentation moyenne que réelle. Ce résultat peut s'expliquer de trois façons : i) les cultures sont différentes entre les deux types de représentations : l'exploitation réelle présente un assolement de quatre cultures : (pastèque, pomme de terre, poivron et arachide), tandis que l'exploitation moyenne présente huit cultures : (tomate, pastèque, courgette, pomme de terre, betterave à sucre, melon, poivron et arachide), ii) les cultures dominantes en termes de superficie et d'IFT présentent des différences entre les deux types de représentations. La pomme de terre est cultivée à hauteur de 7 ha avec un IFT de 1.8 dans la représentation moyenne, tandis qu'elle n'occupe que 2 ha dans la représentation réelle, et iii) le nombre de traitements est différent entre les deux types de représentation ce qui explique par exemple la différence en termes d'IFT pour la culture de pomme de terre, ce entre la représentation réelle (IFT égal à 1.84) et la moyenne (IFT égal à 2.7) (tableau 9).

Tableau 7. IFT par exploitation selon les types de représentation

Types d'exploitations	IFT à l'échelle de l'exploitation				
	Réelle	Moyenne	δ (%)	Archétype	δ' (%)
Moy_Arbo_Irri	2,3	2,4	-2,6	2,2	6,5
Moy_Marai_Irri	2,7	7	-160,4	10,4	-285,6
Moy_Marai_Sec	0,9	3,2	-280	3,8	-345,9
Moy_GC_Irri	1,5	2,6	-73,3	1,9	-26,7
Moy_GC_Sec	1,5	2,3	-55,2	2,6	-80
Pet_Arbo_Irri	1,5	1,5	0	1,8	-17,3
Pet_Marai_Irri	3,2	3,1	1,6	4,1	-30,2
Pet_Marai_Sec	6,6	6,6	0	6,6	0
Pet_GC_Irri	0	1,3	0	1,2	0
Pet_GC_Sec	2,8	1,4	48,6	1,1	62,5

δ : % de différence entre IFT réel et IFT moyen

δ' : % de différence entre IFT réelle et IFT archétype

Tableau 8. IFT de l'exploitation Moy_Arbo_Irri selon les deux types de représentation réelle et moyenne

	Culture	SAU (ha)	IFT /culture
Réelle	Blé tendre	2,50	1,00
	Agrume	10,00	3,00
	BAS	3,00	1,25
Moyenne	Blé dur	4,93	1,00
	Blé tendre	0,99	1,00
	Agrume	11,43	3,00
	Luzerne	0,60	0,50
	Bersim	0,20	1,00
	BAS	0,80	1,25
	Melon	0,80	6,00

Les résultats ainsi que les explications avancés pour la comparaison entre les exploitations réelle et moyenne sont les mêmes lorsqu'on compare les exploitations réelles aux exploitations archétypes. Ces différences de résultats entre les deux types de représentations peuvent s'expliquer par la structure de l'exploitation en termes de composition de culture (tableau 9), d'itinéraire technique et par conséquent par la valeur de l'IFT par culture.

Tableau 9. IFT par type de représentation de l'exploitation Moy_Marai_Irri

	Culture	SAU (ha)	IFT		
			IFT/ culture	IFT/ exp	
<u>Réelle</u>	Pastèque	1,0	8,5		
	P de terre	7,0	1,8	2,7	
	Poivron	1,8	2,6		
	Arachide	0,8	3,6		
<u>Moyenne</u>	Tomate	1,0	18,0		
<u>Moyenne</u>	Pastèque	0,7	7,0		
	Courgette	0,3	6,0		
	P de terre	2,2	2,7	7,0	
	BAS	2,0	6,3		
	Melon	0,7	11,4		
	Poivron	0,4	2,6		
	Arachide	0,2	3,5		
<u>Archétype</u>	Tomate	3,4	18,0		
<u>Archétype</u>	P de terre	2,2	2,7		10,4
	BAS	2,0	6,3		

B. Consommation en eau : (C_{eau})

En comparant les valeurs des indicateurs calculés au niveau des exploitations moyennes et réelles (tableau 10), il en ressort trois types de résultats :

- Les exploitations moyennes présentent une consommation en eau proche de la consommation réelle (inférieure à 25%). C'est le cas des exploitations arboricoles petites et moyennes (Moy_Arbo_Irri et Pet_Arbo_Sec), des exploitations de grandes cultures conduites en sec (Moy_GC_Sec), des petites et moyennes exploitations maraîchères conduites en sec et en irrigué (Pet_Marai_Irri, Pet_Marai_Sec).

Tableau 10. Consommation en eau par exploitation selon les types de représentations

	Consommation en eau (m ³ /ha)				
	Réelle	Moyenne	δ (%)	Archétype	δ' (%)
Moy_Arbo_Irri	6194	4955	20	4431	36
Moy_Marai_Irri	5331	3888	27	3850	38
Moy_Marai_Sec	1944	3007	-55	3750	-60
Moy_GC_Irri	7238	4907	32	4917	47
Moy_GC_Sec	2758	2142	22	1342	66
Pet_Arbo_Irri	4752	4075	14	3372	34
Pet_Marai_Irri	4766	3567	25	4258	14
Pet_Marai_Sec	960	960	0	960	0
Pet_GC_Irri	7452	3489	53	2921	130
Pet_GC_Sec	1865	3038	-63	5961	-135

δ : % de différence entre C_{eau} réelle et C_{eau} moyenne

δ' : % de différence entre C_{eau} réelle et C_{eau} archétype

L'analyse de ces exploitations montre une différence entre les deux types de représentations de point de vue type et nombre de cultures, dose d'irrigation par culture, mais également une différence en termes de surface en sec (tableau 11). En effet, dans le cas de l'exploitation arboricole moyenne irriguée (Moy_Arbo_Irri), i) la surface en sec est plus importante dans une exploitation moyenne ($SAU_{sec}=28\%$) que dans une exploitation réelle ($SAU_{sec}=16\%$), ii) de plus, le type de culture ainsi que leur nombre sont

différents d'une exploitation réelle (blé tendre, agrume, betterave à sucre) à une exploitation moyenne (blé dur, blé tendre, agrume, luzerne, bersim...), et iii) la consommation en eau par culture diminue d'une représentation réelle (Agrumes = 8700 m³) à une représentation moyenne (Agrumes = 7656 m³). Ce résultat est le même pour les petites exploitations arboricoles conduites en irrigué, les exploitations moyennes de grandes cultures conduites en sec et les petites exploitations maraîchères conduites en irrigué (Pet_Arbo_Irri, Moy_GC_Sec, Pet_Marai_Irri). Malgré les différences en termes de surface en sec, en consommation en eau par culture, ainsi que le nombre et type de cultures par type de représentations, cette différence reste faible et affecte peu l'indicateur consommation en eau. Par contre, les petites exploitations maraîchères conduites en sec présentent la même consommation en eau car elles présentent exactement les mêmes cultures avec les mêmes doses d'irrigation.

Tableau 11. Consommation en eau par culture et par type de représentations de l'exploitation Moy_Arbo_Irri

		Consommation en eau (m ³ /ha)			
	Culture	SAU (ha)	C _{eau} / culture	C _{eau} /Exp	SAU _{sec} (%)
Réelle	Blé tendre	2,5	0		
	Agrume	10,0	8700	6194	16
	BAS	3,0	3000		
Moyenne	Blé dur	4,9	0		
	Blé tendre	1,0	1226		
	Agrume	11,4	7656		
	Luzerne	0,6	0	4955	28
	Bersim	0,2	3888		
	BAS	0,8	3000		
	Melon	0,8	7464		

- Des exploitations qui présentent une consommation en eau différente (supérieure à 27%) par rapport aux exploitations réelles (tableau 10). Pour comprendre cette différence, nous avons analysé l'exploitation moyenne maraîchère conduite en sec (Moy_Marai_Sec) qui présente une consommation en eau deux fois plus importante dans l'exploitation moyenne que dans la réelle (tableau 12). Ce résultat peut s'expliquer de deux façons, i) la surface en sec est beaucoup plus importante dans une exploitation réelle (SAU_{sec}=77%) que dans une exploitation moyenne (SAU_{sec}=56%) et ii) les cultures sont différentes au niveau des deux types de représentations : la représentation réelle présente un assolement de quatre cultures : blé dur, fève, artichaut et luzerne, tandis que pour l'exploitation moyenne, elle présente un assolement de sept cultures : blé dur, fève, artichaut, luzerne, tomate, melon, blé tendre.

Tableau 12. Consommation en eau par culture et par type de représentation pour l'exploitation Moy_Mari_Sec

Culture		Consommation en eau (m3/ha)			
		SAU (ha)	C _{eau} /culture	C _{eau} / exploitation	SAU _{sec} (%)
Réelle	Blé dur	5,00	0		
	Fève	1,00	0	1944	77
	Artichaut	3,00	6480		
	Luzerne	1,00	0		
Moyenne	Blé dur	3,75	0		
	Fève	0,75	0		
	Artichaut	2,25	6480		
	Luzerne	0,75	0	3007	56
	Tomate	3,25	7500		
	Melon	2,50	6372		
	Blé tendre	5,00	0		
Archétype	Blé dur	8,75	0		
	Tomate	7,00	7500	3749	47
	Melon	2,50	6372		

La comparaison entre les exploitations réelle et archétype font ressortir les mêmes constatations que pour la comparaison entre l'exploitation moyenne à la réelle. En effet, pour la plupart des exploitations la surface en sec est plus importante dans une exploitation réelle (SAU_{sec}=77%) que dans une exploitation archétype (SAU_{sec}=47%). A cela s'ajoute le fait que les cultures sont différentes entre les deux types de représentations: la représentation réelle présente un assolement de quatre cultures : blé dur, fève, artichaut et luzerne, tandis que pour l'exploitation archétype, celle-ci présente un assolement de trois cultures : blé dur, tomate, melon. Ces différences de résultats entre les deux types de représentations peuvent s'expliquer par le type, le nombre de cultures et la surface en sec par exploitation.

C. Diversité des cultures

Les exploitations moyennes présentent une diversité de cultures plus importante (supérieure à 100%) que les exploitations réelles (tableau 13). En effet, à titre d'exemple, l'exploitation réelle arboricole conduite en irrigué (Moy_Arbo_Irri) présente un assolement de trois cultures, tandis que six cultures sont identifiées au niveau de l'exploitation moyenne : blé dur, blé tendre, agrume, luzerne bersim, betterave à sucre et melon. Cette différence s'explique par le fait que les exploitations moyennes caractérisent l'ensemble des cultures relatives aux exploitations représentatives de l'exploitation type ce qui engendre un nombre de cultures important. A l'exception de la petite exploitation maraîchère conduite en sec, où on retrouve le même nombre de cultures car elle pratique le même assolement (blé tendre, fève, oignon, tomate). (Annexe 1)

Tableau 13. Répartition du nombre de cultures par type de représentations

Types d'exploitations	Diversité des cultures (nombre de culture)				
	Réelle	Moyenne	δ (%)	Archétype	δ' (%)
Moy_Arbo_Irri	2	6	-200	2	0
Moy_Marai_Irri	2	6	-200	2	0
Moy_Marai_Sec	3	6	-100	2	33
Moy_GC_Irri	2	8	-300	3	-50
Moy_GC_Sec	3	7	-133	2	33
Pet_Arbo_Irri	2	4	-100	3	-50
Pet_Marai_Irri	3	8	-167	1	67
Pet_Marai_Sec	3	3	0	2	33
Pet_GC_Irri	1	13	-1200	3	-200
Pet_GC_Sec	3	10	-233	3	0

δ : % de différence entre Diversité réelle et Diversité moyenne

δ' : % de différence entre Diversité réelle et Diversité archétype

Nous remarquons que la diversité des exploitations réelle et archétype est quasiment identique. Cette similitude est due au fait que le choix des cultures d'une exploitation archétype s'est établi en simplifiant le nombre de cultures d'une exploitation moyenne sur la base d'une exploitation réelle.

D. Energie irrigation (EJ irrig)

Le tableau 14 compare l'indicateur « énergie » calculé pour les systèmes d'irrigation pour les exploitations de types moyenne, réelle et archétype. De ce tableau, plusieurs conclusions peuvent être tirées :

- Six exploitations de représentation moyenne présentent une consommation d'énergie proche (inférieure à 27%) à la représentation réelle. C'est le cas des exploitations arboricoles moyennes et petites conduites en irrigué (Moy_Arbo_Irri, Pet_Arbo_Irri); les exploitations maraîchères petites et moyennes conduites en irriguée (Moy_Mar_Irri, Pet_Marai_Irri), l'exploitation de grande culture moyenne conduite en sec (Moy_GC_Sec) et la petite exploitation maraîchère conduite en sec (Pet_Marai_Sec).
- Après analyse, nous constatons que ces exploitations présentent une différence comparées à la représentation réelle en termes de nombre de culture, dose d'irrigation par culture, mais également la surface en sec. Il est à noter que la consommation en énergie est étroitement liée à la consommation en eau et aux surfaces équipées pour l'irrigation. Par exemple, l'exploitation arboricole moyenne conduite en irrigué, présente une surface en sec plus importante dans une exploitation moyenne ($SAU_{sec}=28\%$) que dans une exploitation réelle ($SAU_{sec}=16\%$) mais cette différence est toujours faible et inférieure à 15%. De plus, même si la représentation réelle présente un assolement moins diversifié (en moyenne 3 cultures) que les exploitations moyennes (en moyenne 7 cultures), l'énergie pour l'irrigation par culture reste en moyenne la même pour les deux types de représentations. En effet, dans le cas de l'exploitation arboricole moyenne irriguée (Moy_Arbo_Irri), l'énergie allouée aux agrumes pour les deux représentations reste en moyenne la même (tableau 15). La différence entre les deux représentations est compensée par d'autres cultures (blé tendre, bersim, melon) qui consomment de l'énergie mais cultivées sur des surfaces plus faibles (inférieure à 1ha).

Tableau 14. Energie consommée pour l'irrigation à l'échelle de l'exploitation

	Energie liée à l'irrigation (MJ/ ha)				
	Réelle	Moyenne	δ (%)	Archétype	δ' (%)
Moy_Arbo_Irri	34065	27255	20	24369	36
Moy_Marai_Irri	29318	21382	27	21177	38
Moy_Marai_Sec	10692	16541	-55	20623	-60
Moy_GC_Irri	39808	26990	32	27045	47
Moy_GC_Sec	15171	11778	22	7378	66
Pet_Arbo_Irri	26136	22412	14	18547	34
Pet_Marai_Irri	26213	19620	25	23418	14
Pet_Marai_Sec	6930	6930	0	6930	0
Pet_GC_Irri	40986	19191	53	22399	97
Pet_GC_Sec	10256	16711	-63	32783	-135

δ : % de différence entre EJ_{irrig} réelle et EJ_{irrig} moyenne

δ' : % de différence entre EJ_{irrig} réelle et EJ_{irrig} archétype

Tableau 15. Energie générée par l'irrigation selon deux types de représentations (Moy_Arbo_Irri).

	Culture	SAU (ha)	Energies liées à l'irrigation (MJ/ha)	
			$EJ_{irrig}/culture$	$EJ_{irrig}/exploitation$
Réelle	Blé tendre	2,50	0	
	Agrume	10,00	47850	34065
	BAS	3,00	16500	
Moyenne	Blé dur	4,93	0	
	Blé tendre	0,99	6743	
	Agrume	11,43	42108	
	Luzerne	0,60	0	27255
	Bersim	0,20	21384	
	BAS	0,80	16500	
	Melon	0,80	41052	

- Quatre exploitations moyennes sont caractérisées par une consommation énergétique différente de celles des exploitations réelles. En effet, les exploitations maraîchères moyennes irriguées, les exploitations moyennes grandes cultures irriguées et les petites exploitations de grandes cultures en sec et en irrigué présentent une différence en termes d'énergie, due à l'irrigation qui est supérieure à 32% en représentation moyenne par rapport à la réelle. Pour comprendre cette différence, nous soumettons pour analyse, l'exploitation de type petite grandes cultures en sec (Pet_GC_Sec). Pour cette exploitation, l'énergie liée à l'irrigation est six fois plus élevée dans une exploitation moyenne que dans une exploitation réelle. Cette différence s'explique d'une part par le changement d'assolement d'une exploitation réelle à une exploitation moyenne (tableau 16) mais également par la surface en sec qui est plus importante dans une exploitation réelle ($SAU_{sec}=68\%$) que dans une exploitation moyenne ($SAU_{sec}=12\%$).

Tableau 16. Energies liées à l'irrigation selon les types de représentations de l'exploitation Pet_GC_Sec

	Culture	SAU (ha)	C _{eau} (m ³ /ha)	EJ irrig (MJ/ha)	
<u>Réelle</u>	Blé tendre	2,5	0	0	
	Melon	1,25	6370	35035	
	Fève	0,9	0	0	
	Bersim	0,35	3888	21384	
<u>Moyenne</u>	BAS	0,72	2464	13552	
	Bersim	0,3	3834	21087	
	Blé dur	0,24	0	0	
	Blé tendre	1,97	1226	6743	
	CAS	0,3	19008	104544	
	Fève	0,23	0	0	
	Luzerne	0,06	4320	23760	
	Mais	0,12	4104	22572	
	Melon	0,15	6370	35035	
	Orge	0,18	1296	7128	
	Pastèque	0,12	4000	22000	
	Tournesol	0,1	1800	9900	
	<u>Archétype</u>	Blé tendre	2,21	1226	6743
		CAS	1,02	19008	104544
Mais		1,08	4104	22572	
Orge		0,18	1296	7128	

Nous remarquons également en comparant les exploitations réelles aux exploitations archétypes les mêmes constatations qu'en comparant l'exploitation moyenne aux exploitations réelles (tableau 16). En effet, la surface en sec est plus importante dans l'exploitation réelle (68%) que dans l'exploitation archétype (0%). De plus, l'assolement par type de représentation est différent d'une exploitation réelle à celle de l'archétype, d'où, la consommation en énergie par type de cultures est différente. Cette différence de résultats s'explique par les caractéristiques de l'exploitation en termes d'assolement ainsi que de la part de la surface en sec.

E. Energie liée aux machines (EJ machi)

Après comparaison des valeurs de l'indicateur « énergie liée aux machines », calculées au sein d'exploitations types moyennes à celles des réelles (tableau 17), nous constatons que les exploitations moyennes maraîchères et de grandes cultures conduites en sec et en irrigué (Moy_Marai_Irri, Moy_Marai_Sec, Moy_GC_Sec, Moy_GC_Irri), des petites exploitations maraîchères et de grandes cultures conduites en irrigué (Pet_Marai_Irri, Pet_GC_Irri) présentent une énergie moyenne proche de la réelle (inférieure à 27%).

Pour comprendre cette faible différence (inférieure à 27%), nous analyserons les caractéristiques de l'exploitation moyenne maraîchère conduite en irriguée (Moy_Marai_Irri) du point de vue assolement, énergie consommée par culture ainsi que la surface en terre travaillée (tableau 18). En effet, malgré que l'exploitation réelle présente un assolement de quatre cultures (pomme de terre, pastèque, poivron, arachide), tandis que l'exploitation moyenne, est composée de huit cultures (tomate, pastèque, courgette, pomme de terre, betterave à sucre, melon, poivron et arachide), la différence en termes de surface de terre travaillée est inférieure à 20% entre les deux représentations. A ce critère s'ajoute la consommation d'énergie par culture. Ainsi, l'exploitation réelle consomme en moyenne de l'énergie à hauteur de 894MJ/ha générée exclusivement par la pastèque et la pomme de terre qui consomment respectivement 1174 MJ/ha (tableau 18). En exploitation moyenne, malgré le nombre plus élevé en cultures, l'énergie moyenne consommée (820MJ/ha) est presque la même qu'en exploitation réelle. Ce résultat s'explique par le fait que pour la plupart des cultures, l'énergie consommée par culture reste faible. Elle est due

principalement à un itinéraire technique moins consommateur en énergie. A titre d'exemple, la consommation d'énergie de la pomme de terre est de 979 MJ/ha et de 1174,2 MJ/ha, respectivement pour la représentation moyenne et réelle.

Il est à noter que dans le cas de la petite exploitation maraîchère conduite en sec, les énergies moyenne et réelle sont identiques. Ce résultat est dû au fait que ces exploitations présentent les mêmes énergies consommées et les mêmes cultures (Annexe1)

Tableau 17. Energie machine par exploitation selon les types de représentations

	Energie machine (MJ/ha)				
	Réelle	Moyenne	∂ (%)	Archétype	∂' (%)
Moy_Arbo_Irri	638	1077	-69	1197	-52
Moy_Marai_Irri	895	820	8	867	3
Moy_Marai_Sec	1463	1570	-7	1678	-14
Moy_GC_Irri	1000	1206	-21	1267	-22
Moy_GC_Sec	1246	1579	-27	1716	-30
Pet_Arbo_Irri	693	991	-43	1181	-49
Pet_Marai_Irri	823	927	-13	999	-19
Pet_Marai_Sec	1155	1155	0	1155	0
Pet_GC_Irri	871	1010	-16	1037	-16
Pet_GC_Sec	793	1033	-30	896	-10

∂ : % de différence entre EJ_{machi} réelle et EJ_{machi} moyenne

∂' : % de différence entre EJ_{machi} réelle et EJ_{machi} archétype

Tableau 18. Energie liée aux machines agricoles de l'exploitation Moy_Marai_Irri

		Energies liées aux machines (MJ/ha)			
		Culture	SAU (ha)	$EJ_{machi}/culture$	EJ_{machi}/Exp
Réelle		P de terre	7,00	1174	
		Pastèque	1,00	1174	894
		Poivron	1,75	0	
		Arachide	0,75	0	
Moyenne		Tomate	0,99	783	
		Pastèque	0,74	979	
		Courgette	0,25	783	
		P de terre	2,24	979	820
		BAS	2,00	882	
		Melon	0,74	783	
		Poivron	0,44	0	
	Arachide	0,20	0		

- Des exploitations moyennes présentent une énergie différente (supérieure à 30%) par rapport aux exploitations réelles (tableau 17). A titre d'exemple, l'analyse de l'exploitation moyenne arboricole conduite en irrigué (tableau19) montre une énergie deux fois plus importante que celle de l'exploitation réelle. Ce résultat peut s'expliquer entre autres par le fait que les assolements sont très différents entre les deux types de représentations (3 cultures pour l'exploitation réelle et 7 cultures pour la représentation moyenne (tableau 19).

Tableau 19. Energie liée aux machines agricoles de l'exploitation Moy_Arbo_Irri

	Culture	SAU (ha)	Energies liées aux machines (MJ/ha)	
			EJ _{mach} /culture	EJ _{machi} /exp
Réelle	Blé tendre	2,50	0	
	Agrume	10,00	558	638
	BAS	3,00	1440	
Moyenne	Blé dur	4,93	2076	
	Blé tendre	0,99	2076	
	Agrume	11,43	558	
	Luzerne	0,60	949	1077
	Bersim	0,20	1340	
	BAS	0,80	1440	
	Melon	0,80	783	
Archétype	Blé dur	8,32	2076	
	Agrume	11,43	558	1197

Nous remarquons que l'exploitation archétype présente des différences en termes de nombre et type de cultures ainsi que de consommation d'énergie par culture par rapport à l'exploitation réelle. En effet, l'assolement est de deux cultures pour l'exploitation archétype : blé dur et agrume, tandis que l'exploitation réelle présente trois cultures : blé tendre, agrume et betterave à sucre. Cette différence de résultats entre les deux types de représentations peut s'expliquer par la diversité d'assolements, l'énergie consommée par culture, d'où la variation de la valeur de l'énergie.

2. Indicateurs socio économiques

A. Marge brute (MB)

Le tableau 20 montre que les exploitations moyennes présentant une marge brute proche de la réelle (inférieure à 27%) de type petites moyennes exploitations arboricoles conduites en irriguée (Moy_Arbo_Irri, Moy_Arbo_Sec), les petites exploitations maraîchères conduites en sec et en irriguée (Pet_Marai_Irri, Pet_Marai_Sec) et les exploitations moyennes de grandes cultures conduites en irriguée (Moy_GC_Irri) présentent des marges brutes presque similaires en représentation moyenne que réelle.

L'analyse de ces exploitations montre qu'elles sont semblables du point de vue surface des cultures dominantes, assolement ainsi que la marge brute par culture. A titre d'exemple, dans l'exploitation arboricole moyenne conduite en irriguée (Moy_Arbo_Irri) (tableau 21), la culture dominante en surface et en marge brute reste la même pour les deux types de représentations. Dans ce cas, les agrumes occupent, dans la représentation moyenne et réelle, une superficie de l'ordre de 64% de la superficie totale de l'exploitation avec une différence de marge brute de 12%. Par ailleurs, même si dans certains cas (exemple Pet_Arbo_Irri) (tableau 22), il y a en moyenne plus de cultures dans la représentation moyenne que réelle. Ces cultures occupent souvent une superficie trop faible (inférieure à 0,5ha), avec une marge brute faible par rapport à celle des cultures dominantes (tableau 22). En effet, ce tableau montre que les cultures dominantes en termes de surface dans la représentation moyenne (agrume, blé dur) ou dans la représentation réelle changent partiellement (par exemple blé dur au lieu du blé tendre). Par contre, la marge brute pour les cultures dominantes reste en moyenne la même pour les deux représentations.

Tableau 20. Marge brute moyenne par type de représentation

Types d'exploitations	Marge brute (Dirham/ha)				
	Réelle	Moyenne	δ (%)	Archétype	δ' (%)
Moy_Arbo_Irri	171460	150035	12	150922	14
Moy_Marai_Irri	60250	28423	53	45813	51
Moy_Marai_Sec	6979	31826	-356	30387	-74
Moy_GC_Irri	45935	34879	24	42570	10
Moy_GC_Sec	21037	46592	-121	41464	-44
Pet_Arbo_Irri	17971	13344	26	14806	24
Pet_Marai_Irri	3943	2863	27	3859	3
Pet_Marai_Sec	14736	14736	0	14736	0
Pet_GC_Irri	35721	2985	92	4160	1057
Pet_GC_Sec	10649	5430	49	5700	91

δ : % de différence entre MB réelle et MB moyenne

δ' : % de différence entre MB réelle et MB archétype

Tableau 21. Marge brute par culture et par type de représentations de l'exploitation Moy_Arbo_Irri

	Marge brute (Dirham/ha)		
	Culture	SAU (ha)	MB/culture
Réelle	Blé tendre	2,50	11050
	Agrume	10,00	255800
	BAS	3,00	24002
Moyenne	Blé dur	4,93	8248
	Blé tendre	0,99	1300
	Agrume	11,43	254775
	Luzerne	0,60	0
	Bersim	0,20	489
	BAS	0,80	1948
	Melon	0,80	9386

Tableau 22. Marge brute par culture de l'exploitation Pet_Arbo_Irri selon trois types de représentations

	Marge brute (Dirham/ha)		
	Culture	SAU (ha)	MB/culture
Réelle	Agrume	2,00	29480
	Blé tendre	1,00	3115
	Bersim	2,00	13890
Moyenne	Agrume	1,66	27543
	BAS	0,50	3315
	BERSIM	0,66	4630
	Blé tendre	1,60	7985
Archétype	Fève	0,34	902
	Agrume	1,66	27543
	Blé tendre	3,10	7985

Cependant, cinq exploitations-type de représentation moyenne présentant une marge brute supérieure à 49% par rapport à la marge brute réelle sont identifiées. Ce résultat est dû aux types de culture et à la

marge brute par culture dans chacune de deux types de représentations. Ce résultat concerne les exploitations moyennes maraîchères en irrigué et en sec, les petites exploitations de grandes cultures en sec et en irrigué et les exploitations moyennes de grande culture en sec. Cette différence est due principalement à la différence en termes de marge brute générée par culture comme le montre l'exploitation moyenne maraîchère en sec. L'analyse de cette exploitation (tableau 23) montre que la marge brute générée par le blé dur dans l'exploitation réelle (10100 dirhams/ha) est largement supérieure à la marge brute dans la représentation moyenne (7575 dirhams/ha). Les deux types de représentations présentent un assolement différent ce qui engendre une marge brute plus importante à l'échelle de l'exploitation. En effet, la représentation réelle présente un assolement de quatre cultures, soit quatre cultures de moins que la représentation moyenne.

Tableau 23. Marge brute par type de représentation de l'exploitation Moy_Marai_Sec

	Culture	SAU (ha)	Marge brute (Dirham/ha)	
			MB/culture	MB/exp
<u>Réelle</u>	Blé dur	5,00	10100	
	Fève	1,00	2715	6979
	Artichaut	3,00	5526	
	Luzerne	1,00	0	
<u>Moyenne</u>	Blé dur	3,75	7575	
	Fève	0,75	2036	
	Artichaut	2,25	41445	
	Luzerne	0,75	0	31826
	Tomate	3,25	51123	
	Melon	2,50	52173	
<u>Archétype</u>	Blé tendre	5,00	32213	
	Blé dur	8,75	7575	
	Tomate	7,00	51123	30387
	Melon	2,50	52173	

En comparant l'exploitation réelle à l'archétype, nous remarquons que même si l'exploitation archétype présente le même nombre de cultures que la réelle, celles-ci sont différentes et présentent des marges brutes différentes notamment pour le blé dur, cultivé dans les deux exploitations. En effet, le blé dur est plus rentable dans l'exploitation archétype que réelle. Cette différence est due principalement à un coût de production plus faible pour un rendement plus élevé dans une représentation archétype que réelle.

B. Main-d'œuvre

Le tableau 24 représente la main-d'œuvre par types de représentations. Nous remarquons deux comportements :

- i) Quatre exploitations moyennes enregistrent un nombre de jour de travail proche (inférieur à 33%) de la main-d'œuvre réelle. C'est le cas des petites et moyennes exploitations arboricoles irriguées, des petites exploitations maraîchères ainsi que de grandes cultures conduites en sec (Moy_Arbo_Irri, Pet_Arbo_Irri, Per_Marai_Sec, Pet_GC_Sec). Afin de comprendre la diminution de main-d'œuvre dans l'exploitation réelle par rapport à la moyenne, nous avons pris l'exemple de petite exploitation arboricole en irriguée (Pet_Arbo_Irri) (tableau 25). Nous remarquons que les cultures : agrume, bersim et blé tendre, représentées dans l'exploitation réelle sont les mêmes en termes de main-d'œuvre que dans une représentation moyenne mais avec une superficie légèrement différente de (0,08 ha). Par ailleurs, la diminution de la main-d'œuvre d'une représentation moyenne par rapport à une exploitation réelle s'explique par les deux cultures : fève et betterave à sucre (BAS), qui présentent une main-d'œuvre inférieure à 10 jours, avec des superficies faibles ne dépassant pas 0,5ha.

Tableau 24. Main-d'œuvre par type de représentations

	Main-d'œuvre (jours/ha)				
	Réelle	Moyenne	δ (%)	Archétype	δ' (%)
Moy_Arbo_Irri	105	90	14	83	24
Moy_Marai_Irri	41	75	-84	142	-135
Moy_Marai_Sec	48	71	-49	97	-70
Moy_GC_Irri	17	33	-97	25	-25
Moy_GC_Sec	18	26	-44	32	-52
Pet_Arbo_Irri	59	54	9	53	12
Pet_Marai_Irri	25	39	-56	35	-26
Pet_Marai_Sec	98	98	0	98	0
Pet_GC_Irri	29	15	47	11	115
Pet_GC_Sec	26	17	33	5	122

δ : % de différence entre Main-d'œuvre réelle et Main-d'œuvre moyenne

δ' : % de différence entre Main-d'œuvre réelle et Main-d'œuvre archétyp

Tableau 25. Main-d'œuvre de l'exploitation Pet_Arbo_Irri selon trois types de représentations

	Culture	SAU (ha)	Main-d'œuvre (jours/ha)	
			Main-d'œuvre/culture	Main-d'œuvre/ exp
Réelle	Agrume	2,00	142	
	Blé tendre	1,00	5	59
	Bersim	2,00	3	
Moyenne	Agrume	1,66	142	
	BAS	0,50	8	
	Bersim	0,66	3	53
	Blé tendre	1,60	5	
	Fève	0,34	16	
Archétype	Agrume	1,66	142	
	Blé tendre	3,10	5	52

ii) Six exploitations de représentation moyenne présentent une différence de main-d'œuvre (supérieure à 47%) par rapport à l'exploitation réelle, les moyennes exploitations maraîchères et de grandes cultures conduites en sec et en irriguée (Moy_Marai_Irri, Moy_Marai_Sec, Moy_GC_Irri, Moy_GC_Sec), les petite exploitations maraîchères et de grandes cultures conduites en irriguée (Pet_Marai_Irri, Pet_GC_Irri). En prenant comme exemple la moyenne exploitation maraîchère conduite en irriguée, celle-ci fait ressortir les constatations suivantes : (tableau 24)

- La superficie par culture et les besoins en main-d'œuvre d'une exploitation moyenne ont diminué par rapport à la réelle. En effet, la pomme de terre cultivée dans une exploitation réelle présente une superficie de 7 ha avec un besoin en main d'œuvre de 50 jours/ha. Or, dans l'exploitation moyenne elle n'occupe que 2,3ha de superficie avec 28 jours/ha. Cependant, les cultures présentant une faible main-d'œuvre dans une représentation réelle (poivron =11jours/ha et arachide=10 jours/ha) gardent le même nombre de jours de travail dans la représentation moyenne.
- L'assolement représenté dans l'exploitation moyenne est différent de la représentation réelle et avec une main d'œuvre importante. En effet, dans la représentation moyenne, la tomate occupe une main-d'œuvre de 245 jours/ha ainsi que la betterave à sucre avec 95 jours/ha. Par conséquent, cette augmentation de main-d'œuvre d'une représentation moyenne à une

représentation réelle s'explique par le type de culture dominante en main d'œuvre dans l'exploitation moyenne.

Tableau 26. Besoin en main-d'œuvre de l'exploitation Moy_Marai_Irri

	Culture	SAU (ha)	Main-d'œuvre (jours/ha)	
			Main-d'œuvre / culture	Main-d'œuvre / exp
Réelle	P de terre	7	50	
	Pastèque	1	50	
	Poivron	1,75	11	41
	arachide	0,75	10	
Moyenne	Tomate	0,99	245	
	Pastèque	0,74	35	
	Courgette	0,25	42	
	P de terre	2,24	28	
	BAS	2	95	75
	Melon	0,74	40	
	Poivron	0,44	11	
	Arachide	0,2	10	
Archétype	Tomate	3,36	245	
	P de terre	2,24	28	141
	BAS	2	95	

En comparant la représentation réelle à l'archétype nous relevons une différence par rapport aux nombre et types de cultures mais également les besoins en main-d'œuvre par culture. En effet, l'assolement est de trois cultures pour l'exploitation archétype : tomate, pomme de terre et betterave à sucre (BAS) avec des besoins en main-d'œuvre importante pour la tomate (245 jours/ha) et la betterave à sucre (95jours/ha), tandis que, l'exploitation réelle présente quatre cultures avec des besoins en main-d'œuvre par culture variant entre 10 et 50 jours/ha. Cette différence de résultats entre les deux types de représentations s'explique par la diversité d'assolements, les besoins en main-d'œuvre par culture.

L'analyse des résultats à l'échelle de l'exploitation nous a conduits à tirer plusieurs conclusions concernant l'effet d'un choix de type de représentation (moyenne, réelle, archétype) sur les valeurs des indicateurs en fonction de leurs types (environnemental, socio-économique). Cet effet est également accentué positivement ou négativement en fonction du type de système de production (grandes cultures, arboriculture, maraichage) mais également de la nature de l'indicateur lui-même (diversité des cultures, IFT...). Ces conclusions sont tirées à partir des constats suivants :

a) Comparaison d'une représentation réelle à une moyenne

- Il ressort de l'analyse des indicateurs comme l'IFT, consommation en eau, l'énergie consommée induite par l'irrigation ou les machines, que les facteurs déterminants pour créer une divergence entre les indicateurs de la représentation moyenne et réelle sont : le nombre et type de cultures et l'itinéraire technique de chaque culture. En effet, plus les exploitations d'un groupe sont hétérogènes en termes de type de cultures et d'itinéraires techniques plus la différence entre la moyenne et la réelle est importante. Pour cette raison, les exploitations de type arboricole, qui sont assez homogènes en termes de SAU (moyenne = 4,7 ha et écart type = 1,86), de cultures dominantes (SAU agrume = 1,66 ha; écart type agrume = 0,57), nombre de traitements (agrume = 2; écart type agrume = 0,57), dose d'irrigation (agrume = 7380m³ ; écart type agrume = 1124), montrent les différences les plus faibles quand la moyenne est comparée à la réelle. Cependant, pour des indicateurs dont le calcul est basé sur le nombre de cultures dans l'ensemble des exploitations, la différence est tout naturellement très importante entre la réelle et la moyenne, atteignant les 1200% dans le cas des exploitations petites grandes cultures irriguées (Pet_GC_Sec).

- Ce résultat qui concerne les indicateurs environnementaux est également observé pour les indicateurs socio-économiques. Dans ce cadre, la diversité des cultures ainsi que les itinéraires techniques par culture sont à l'origine des différences en termes de valeurs d'indicateurs entre les exploitations réelles et moyennes. Donc, même si dans les deux représentations qui sont identiques du point de vue composition de cultures, comme dans le cas des exploitations arboricoles moyennes, la différence en termes d'itinéraires techniques (la consommation d'énergie liées aux machines) pour la même culture change (en occurrence blé tendre) (voir partie résultat, paragraphe représentation moyenne).

En guise de conclusion, il ressort que plus une région est diversifiée, plus il y a de chances que la représentation moyenne soit différente de la réelle en termes de composition de cultures, de la surface par culture (notion de culture dominante) et par conséquent en termes d'indicateurs pour évaluer ces systèmes. Par ailleurs, la diversité peut intéresser un ou plusieurs facteurs (consommation en eau, énergie, nombre de traitements...), et par conséquent, la construction d'une typologie doit être ciblée en fonction des objectifs de l'étude et par conséquent des indicateurs choisis.

b) Comparaison d'une représentation réelle à une représentation archétype

La notion d'archétype renvoie surtout à une construction d'exploitation qui cumule les aspects positifs d'une représentation réelle et moyenne. En effet, une exploitation archétype doit contenir les principales cultures pour un groupe d'exploitations homogènes par rapport à un critère dominant, mais en nombre limité (c'est la différence par rapport à la moyenne) pour ressembler le plus à une exploitation réelle. Partant de ce constat, les différences observées entre les indicateurs en représentation archétype et réelle montrent que même si le nombre de cultures est souvent le même entre ces deux représentations, le type de cultures est souvent différent. L'exploitation moyenne maraîchage irriguée (Moy_Marai_Irri) est une bonne illustration de cette différence. La pastèque étant la culture principale dans une représentation réelle disparaît complètement de la représentation archétype où la tomate devient la culture principale. Partant de ce constat, uniquement les exploitations, appartenant au même groupe, assez homogènes en termes de type de cultures et d'itinéraires techniques reproduiront les mêmes résultats en représentation réelle et archétype. Cette analyse est aussi vraie pour les indicateurs environnementaux que socio-économiques.

Il ressort de cette analyse les mêmes constatations que pour les indicateurs de la représentation moyenne. Plus les systèmes de production sont diversifiés en termes de culture dominante ou d'itinéraire technique par culture, plus les indicateurs en représentation archétype seront différents d'une exploitation réelle supposée être représentative d'un groupe.

II. Evaluation des indicateurs à l'échelle régionale

Le tableau 27 présente et compare les valeurs des indicateurs environnementaux et socio-économiques par la référence (la référence représente l'indicateur agrégé des 48 exploitations) par rapport aux représentations réelle, moyenne et archétype. Cette comparaison révèle plusieurs constatations :

- La représentation réelle en comparaison avec la référence révèle que la différence entre leurs indicateurs respectifs est souvent assez élevée, à l'exception de l'IFT pour l'arboriculture, la marge brute et la diversité des cultures. En effet, ces indicateurs montrent une différence toujours inférieure à 5,2% en comparaison avec la référence.
- A l'exception de l'indicateur diversité qui montre un degré moindre que la marge brute, tous les indicateurs environnementaux et socio-économiques en représentation moyenne sont très proches en termes de valeur des indicateurs de référence. En effet, l'indicateur diversité et marge brute en représentation moyenne montrent respectivement une différence de 224% et de 25,2% par rapport à la référence. Pour les autres indicateurs, cette différence ne dépasse pas les 19%.

- La comparaison faite entre la référence et l'archétype montre que les indicateurs des deux représentations sont assez proches et la différence entre leurs valeurs ne dépasse pas les 19%. La seule exception est l'indicateur IFT maraichage ou la différence entre la référence et l'archétype est de 44,6%.

Les résultats de cette analyse montrent que, dans une région assez diversifiée en termes de système de culture et de production, le choix d'une exploitation réelle pour représenter la diversité d'un groupe d'exploitation peut induire à des sous / surestimation au niveau des valeurs des indicateurs de durabilité. En effet, telle qu'expliquée dans la partie bibliographique (Louhichi et al, 2010), une représentation réelle est souvent assez illustrative du comportement global des exploitations du même groupe (par exemple dans notre cas la marge brute) et non pas de la structure de l'ensemble des exploitations. Cette caractéristique de notre typologie basée essentiellement sur la rentabilité des systèmes de production, produit souvent un effet inverse à l'échelle régionale ou tous les indicateurs environnementaux calculés pour les exploitations réelles sont assez différents de la valeur agrégée calculée pour l'ensemble de l'échantillon (référence). En contre partie, l'agrégation des indicateurs environnementaux calculés sur la base d'une moyenne ou d'un archétype, donne souvent des valeurs assez proches de la valeur de la référence (la référence représente l'indicateur agrégé des 48 exploitations) car ces exploitations moyennes ou archétypes contiennent souvent toutes les caractéristiques (à l'exception du nombre de culture pour les exploitations moyennes) de l'ensemble des exploitations. Ce résultat concerne aussi bien les indicateurs environnementaux que socio-économiques.

Il ressort ainsi, que lorsque l'analyse à mener est traitée à l'échelle régionale, les résultats semblent plus satisfaisants en considérant une exploitation moyenne (exception faite pour la diversité des cultures) ou archétype qu'une exploitation réelle. Ce résultat s'inverse si l'objet de l'étude est de traiter des questions économiques qui constituent l'élément de base des typologies menées dans la plupart des projets de recherche.

Tableau 27. Récapitulatif des résultats à l'échelle de région.

		Référence	Réelle		Moyenne		Archétype	
			Résultat	δ (%)	Résultat	δ' (%)	Résultat	δ'' (%)
Indicateurs environnementaux								
IFT	Arboriculture	1,99	2,1	-5,5	2,1	-5,5	2,1	-5,5
	Maraichage	4,01	2,8	30,2	4,6	-14,7	5,8	-44,6
	Grande culture	2,1	1,5	28,6	2,2	-4,8	2,0	4,8
Consommation en eau (m ³ /ha)		3635	4848	-33	3731	-3	3876	-7
Energies liées à l'irrigation (MJ/ha)		19994	33962	-70	20519	-3	21758	-9
Energies liées aux machines (MJ/ha)		1203	958	20	1218	-1	1289	-7
Diversité (nombre de culture)		2,47	2	19	8	-224	2	19
Indicateurs socio-économiques								
Marge brute (Dirham/ha)		38971	38214	2	29165	25	30806	21
Main d'œuvre (j/ha)		53	41	23	43	19	47	11

δ : % de différence entre la valeur de référence et la valeur réelle

δ' : % de différence entre la valeur de référence et la valeur moyenne

δ'' : % de différence entre la valeur de référence et la valeur archétype

Conclusion

L'objectif de ce document était de mettre en lumière la question méthodologique de la représentativité de la diversité des systèmes de culture et de production et leur évaluation à l'échelle de l'exploitation puis de la région. Celle-ci combine les trois piliers de la durabilité : environnemental (IFT, consommation en eau, diversité des cultures, énergie) et socio-économique (marge brute, main d'œuvre). Durant notre travail, nous avons d'abord élaboré une typologie de structure basée sur la méthode de segmentation. Cette dernière nous a permis d'obtenir des classes d'exploitations homogènes. A partir de celles-ci, la sélection d'une exploitation type a été mise en place sur la base de trois approches de représentativité des systèmes de productions : représentation réelle, moyenne et archétype. Le but est de comparer ces systèmes de cultures et de productions représentés selon trois approches à deux échelles différentes. Les principaux résultats obtenus montrent qu'en comparant l'exploitation réelle à la moyenne, l'origine des différences en termes de valeurs d'indicateurs comme l'IFT, consommation en eau, l'énergie consommée par l'irrigation ou les machines, sont principalement le nombre, type de culture ainsi que l'itinéraire technique de chaque culture. Ce même type de résultat est observé pour la comparaison entre l'exploitation réelle à celle de l'archétype.

D'après les hypothèses identifiées dans notre étude, nous constatons que la valeur de l'indicateur dépend des systèmes de culture et de production, de la nature de l'indicateur (environnemental, économique) mais également de l'échelle spatiale à laquelle l'indicateur est calculé. En effet, en calculant un indicateur dans une exploitation, sa valeur diffère selon les critères représentant l'exploitation (taille, irrigation...) et leurs orientations technico-économiques (arboriculture, maraichage, grandes cultures). De plus, l'évaluation de l'aspect de la diversité agricole à l'échelle de l'exploitation ou de la région montre le poids d'un choix d'une exploitation réelle moyenne ou archétype. En effet, à l'échelle de l'exploitation, plus une région présente une diversité agricole, plus les résultats de la représentation moyenne ou archétype est différente de la réelle. En passant à l'échelle régionale, une représentation moyenne ou archétype semble plus satisfaisante en termes de résultats que la représentation réelle.

Bibliographie

1. **Anderson E., Elbersen B., Godeschalk F., Verhoog D. (2007).** Farm management indicators and farm typologies as a basis for assessments in a changing policy environment. *Journal of Environmental Management*, n° 82, p. 353-362.
2. **Barbier J.M., Mouret J.M. (2000).** Reconsidérer les formes d'appui aux agriculteurs. Pour une agronomie de l'exploitation agricole. *FaçSADe* (INRA-SAD), janvier-mars, n. 5, 4 p.
3. **Belhouchette H. (2004).** Evaluation de la durabilité de successions culturales à l'échelle d'un périmètre irrigué en Tunisie. Utilisation conjointe d'un modèle de culture (CropSyst), d'un SIG et d'un modèle bioéconomique. Thèse de doctorat : ENSA Montpellier. 150 p.
4. **Belhouchette H., Louhichi K., Therond O., Mouratiado, I., Wery J., Van Ittersum M.K., Flichman G. (2011).** Assessing the impact of the Nitrate Directive on farming systems using a bio-economic modelling chain. *Agricultural Systems*, vol. 104, n. 2, p. 135-145.
5. **Bellon S., Lescourret F., Calmet J.-P. (2001).** Characterisation of apple orchard management system in a French Mediterranean vulnerable zone. *Agricultural Systems*, n° 21, p. 203-213.
6. **Bockstaller C., Girardin P. (2007).** Mode de calcul des indicateurs agro-environnementaux de la méthode indigo. UMR INPL (ENSAIA). 117 p.
7. **Bojorquez-Tapia L.A., Ezcurra E., García O. (1998).** Appraisal of environmental impacts and mitigation measures through mathematical matrices. *Journal of Environmental Management*, n°53, p. 91-99.
8. **Bonnaud T., Soulard C.T., Lemery B. (2005).** *Etudes et dialogues sur l'agriculture périurbaine dijonnaise*. Document 2, rapport complet. Dijon : INRA-Laboratoire LISTO-ENESAD. 211 p.
9. **Briquel V., Vilain L., Bourdais J.-L., Girardin P., Mouchet C., Viaux P. (2001).** La méthode IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles) : une démarche pédagogique. *Ingénieries*, n° 25, p. 29-39.
10. **Büchs W., Harenberg A., Zimmermann J., Weib B. (2003).** Biodiversity, the ultimate agri-environmental indicator ? Potential and limits for the application of faunistic elements as gradual indicators in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, n° 98, p. 99-123.
11. **Capillon A. (1993).** Typologie des exploitations agricoles. Contribution à l'étude régionale des problèmes technique. Thèse de doctorat : INA P-G, Paris. 301 p.
12. **Carmona G., Le Grusse P., Le Bars M., Belhouchette H., Attonaty, J.-M. (2007).** Construction participative d'un modèle d'aide à la gestion collective de la ressource en eau et de la pollution azotée : application au cas du bassin Aveyron-Lère. Master of science : IAMM de Montpellier. 213 p.
13. **Clavel L., Soudais J., Baudet D., Leenhardt D. (2010).** Integrating expert knowledge and quantitative information for mapping cropping systems. *Land Use Policy*, January, vol. 28, n° 1, p. 57-65.
14. **Cloquell-Ballester V.-A., Cloquell-Ballester V.-A., Monterde-Díaz R., Santamarina-Siurana M.-C. (2006).** Indicators validation for the improvement of environmental and social impact quantitative assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, n° 26, p. 79– 105.
15. **Courtois V. (2003).** Les systèmes de culture à base de cotonnier en Cote d'ivoire : quelle évolution dans un contexte de réorganisation de la filière coton ? Cas d'un village de la zone des savanes de Korhogo. Master of science : CNEARC de Montpellier. 160 p.
16. **Cuny H., Wery J., Gaufres F. (1998).** A simple indicator for diagnosing nitrate leaching risk under the root zone using the tensionic-tensiometers. *Agronomie*, vol. 18, n. 8-9, p. 521-535.

17. **Dantsisa T., Doumaa C., Giourgaa C., Loumoub A., Polychronakia E.A. (2010).** A methodological approach to assess and compare the sustainability level of agricultural plant production systems. *Ecological Indicators*, March, vol. 10, n. 2, p. 256–263.
18. **Debbarh A., Badraoui M. (2002).** Irrigation et environnement au Maroc : situation actuelle et perspectives. In : Marlet S., Ruelle P. (éds). *Vers une maîtrise des impacts environnementaux de l'irrigation*. Actes de l'atelier du PCSI, Montpellier, 28-29 mai 2002. Versailles : Quae. <http://hal.cirad.fr/docs/00/17/98/40/PDF/Debbarh.pdf>
19. **Deffontaines J.-P., Brossier J. (2000).** Système agraire et qualité de l'eau. Efficacité d'un concept et construction négociée d'une recherche. *Nature Sciences Sociétés*, January-March, vol. 8, n. 1, p. 14-25.
20. **Dogliotti S., Van Ittersum M.K., Rossing W.A.H. (2005).** A method for exploring sustainable development options at farm scale: a case study for vegetable farms in South Uruguay. *Agricultural Systems*, October, vol. 86, n. 1, p. 29-51.
21. **Donaldson J.V.G., Hutcheon J.A., Jordan V.W.L. (1994).** Evaluation of energy usage for machinery operations in the development of more environmentally benign farming systems. *Aspects of Applied Biology*, n° 40, p. 87-90.
22. **Doré T., Le bail M., Martin P., Ney B., Roger J. (coord.). (2006).** *L'agronomie aujourd'hui*. Versailles : Quae. 313 p.
23. **Duelli P., Obrist M. (2003).** Biodiversity indicators: the choice of values and measures. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, September, vol. 98, n. 1-3. p. 87-98.
24. **Duke H.R. (1989).** Electric-powered irrigation: demand, use and control. In: McFate K.L. (éd.), *Electrical energy in agriculture*. Elsevier Science. p. 225-249. (Energy in World Agriculture, n. 3).
25. **Emmanuel M.B., Havard M., Djamen P., Djonnawa A., Djondang K., 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. Acte du colloque 27-31 mai 2002, Garoua, Cameroun.
26. **Gafsi M., Dugué P., Jamin J.Y., Brossier J. (éds.). (2007).** *Exploitations agricoles familiales en Afrique de l'Ouest et du Centre : enjeux, caractéristiques et éléments de gestion*. Versailles : Quae. Chapitre 8 : modélisation de la diversité des exploitations.
27. **Galana M.B., Peschara D., Boizard H. (2007).** ISO 14 001 at the farm level: Analysis of five methods for evaluating the environmental impact of agricultural practices. *Journal of Environmental Management*, n° 82, p. 341-352.
28. **Gay F. (2002).** Elaboration d'un outil de diagnostic des risques de stress hydrique et de lixiviation du nitrate sous abris en parcelle agricole : application à la laitue sous abri. Thèse de doctorat : ENSA Montpellier. 238 p.
29. **Girard N., Hubert B. (1999).** Modelling expert knowledge with knowledge based systems to design decision aids. The examples of a knowledge based model on grazing management. *Agricultural Systems*, February, vol. 59, n. 2, p. 123-144.
30. **Guillaumin A., Hopquin J.-F., Desvignes P., Vinatier J.-M. (2007).** OTPA : des indicateurs pour caractériser la participation des exploitations agricoles d'un territoire au développement durable. OTPA (Observatoire Territorial des Pratiques Agricoles). <http://www.obsagri.fr/docs/otpa/4%20Indicateurs%20dev%20dur%20recommandations.pdf>
31. **Hanafi S., Zairi A., Ruelle P., Le Grusse P., Ajmi T. (2007).** Typologie des exploitations agricoles : un point de départ pour comprendre les performances des systèmes irrigués. In : M. Kuper M., Zaïri A. (éds) 2008. *Economies d'eau en systèmes irrigués au Maghreb*. Actes du troisième atelier régional du projet Sirma, Nabeul, Tunisie, 4-7 juin 2007. Montpellier : CIRAD. (colloques-cédérom).

32. **Hani F., Stampfli F., Keller T. (2003).** ADAMA: outil d'analyse de la durabilité au niveau de l'exploitation. *Revue suisse d'agriculture*, n° 35, p. 41-47.
33. **Harbouze R. (2009).** Efficacité et efficacité économique comparée des systèmes de production dans différentes situations d'accès à la ressource en eau. Application dans le périmètre du Gharb (Maroc). Master of science: CIHEAM-IAMM Montpellier. 129 p.
34. **IFAD. (2006).** *Guide pratique du suivi-évaluation des projets de développement rural. Pour une gestion orientée vers l'impact.* Annexe A : terme – définition. http://www.ifad.org/evaluation/guide_f/annexa/a.pdf
35. **Kempen M., Elbersen B.S., Staritsky I., Andersen E., Heckeley T. (à paraître).** Spatial allocation of farming systems and farming indicators in Europe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*.
36. **Landais E., Deffontaines J.-P. (1990).** les pratiques de l'agriculteur : point de vue sur un courant nouveau de la recherche agronomique. In : Brossier et al. (éds). *Modélisation systémique et système agraires. Décision et organisation*. Paris : Anda. 179 p.
37. **Le Grusse P., Brunel L., Ruelle P., Poussin J.C., Granier J. (2006).** Construction participative d'un modèle régional pour l'évaluation de la demande en eau agricole : un exemple dans le bassin de la Drôme. 15 p. http://www.iwra.org/congress/2008/resource/authors/abs176_article.pdf
38. **Lombard K. (2003).** Statut organique et fertilité des sols dans les systèmes de culture bananiers en Guadeloupe. Mémoire de DAA production végétale durable : ENSA Rennes. 50 p.
39. **Louhichi K., Janssen S., Kanellopoulos A., Li H., Borkowski N., Flichman G., Hengsdijk H., Zander P., Blanco M., Stokstad G., Athanasiadis I.N., Rizzoli A.E., Huber D., Heckeley, T., van Ittersum, M.K. (2010).** A Generic Farming System Simulator. In: Brouwer, F., van Ittersum, M.K. (eds.). *Environmental and agricultural modelling: integrated approaches for policy impact assessment*. Dordrecht : Springer. p. 109-132.
40. **Luneau C. (2004).** Analyse des stratégies de lutte contre le mildiou pour l'optimisation de l'utilisation du cuivre en viticulture biologique en réponse à la nouvelle réglementation européenne. Mémoire d'ingénieur : Esitpa Mont-Saint-Aignan. 32 p.
41. **Mamounata S. (2006).** Evaluation des performances technico- économiques d'exploitations agricoles dans le périmètre du Gharb. Mémoire de troisième cycle : IAV Hassan II.
42. **Missud M. (2006).** Construction d'un indicateur. Cours de l'ENA. 1 p. <http://perso.magic.fr/missud/B97.12.htm>
43. **OCDE. (2001).** *Indicateurs environnementaux pour l'agriculture : méthodes et résultats.* Résumé. Paris : OCDE.
44. **Perrot. (1990).** *Typologie d'exploitation construite par agrégation autour d'un pôle définies à dire d'expert. Proposition méthodologique et premiers résultats obtenus en Haute-Marne.* Paris : INRA.
45. **Pervanchon. (2004).** Modélisation de l'effet des pratiques agricoles sur la diversité végétale et la valeur agronomique des prairies permanentes en vue de l'élaboration d'indicateurs agrienvironnementaux. Thèse en science agronomique : Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy.
46. **Pingault N. (2007).** Improving water quality: an indicator to promote the sustainable use of pesticides. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Communication donnée à l'atelier OCDE sur les indicateurs de développement, de suivi et d'analyse des politiques agro-environnementales, 19-21 mars 2007, Ministère de l'agriculture et de la pêche, Washington.
47. **Reus J., Leendertse P., Bockstaller C., Fomsgaard I., Gutsche V., Lewis K., Nilsson C., Pussemier L., Trevisan M., Van Der Werf H., Alfaro F., Blumel S., Isart J., McGrath D., Seppala T. (2002).** Comparison and evaluation of eight pesticide environmental risk indicators

developed in Europe and recommendations for future use. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, July, vol. 90, n. 2, p. 177-187.

48. **Thompson M.A. (1990)**. Determining impact significance in EIA: A review of 24 methodologies. *Journal of Environmental Management*, n° 30, p. 35-250.
49. **Turpin N., Stapleton L., Perret E., van der Heide C.M., Garrod G., Brouwer F., Voltr V. and Cairol D. (2010)**. Assessment of multi-functionality and jointness of production. In: Brouwer F., van Ittersum M.K. (eds.). *Environmental and agricultural modelling: integrated approaches for policy impact assessment*. Dordrecht : Springer. p. 11-35.
50. **Vilain L. (2008)**. La méthode IDEA : Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles. Guide d'utilisation. Dijon : Educ agri. 152 p.

Annexes

Annexe 1: Caractéristiques des exploitations types

a- Représentation réelle

	Culture	SAU	Type de sol	Marge brute	MO	C _{eau}	IFT	EJ machine	EJ irrigation
Moy_Arbo_Irri	Blé tendre	2,50	Dehs	11050	3	0	3,00	0,00	0,00
	Agrume	10,00	Dehs	255800	142	8700	1,25	557,60	47850,00
	BAS	3,00	Dehs	24002	65	3000	1,00	1439,60	16500,00
Moy_Marai_Irri	P terre	7,00	Rmel	76054	50	6147	8,47	1174,20	33808,50
	Pastèque	1,00	Rmel	24892	50	5231	1,84	1174,20	28770,50
	Poivron	1,75	Rmel	37492	11	2350	2,64	0,00	12925,00
	Arachide	0,75	Rmel	12994	10	4797	3,55	0,00	26383,50
Moy_Marai_Sec	Blé dur	5,00	Tirs	10100	4	0	1,00	2076,00	0,00
	Fève	1,00	Tirs	2715	27	0	0,50	949,00	0,00
	Artichaut	3,00	Tirs	5526	142	6480	0,00	782,80	35640,00
	Luzerne	1,00	Tirs	0	5	0	1,00	949,00	0,00
Moy_Gc_Irri	Bersim	2,00	Ferchach	15990	3	3500	1,00	782,80	19250,00
	BAS	3,00	Ferchach	32160	10	3320	2,00	782,80	18260,00
	CAS	8,50	Ferchach	57843	22	9500	1,50	1127,00	52250,00
Moy_Gc_Sec	Blé tendre	4,00	Tirs	22074	4	0	2,50	1909,80	0,00
	Blé dur	1,00	Tirs	1975	2	0	0,00	166,20	0,00
	Artichaut	2,40	Tirs	37094	14	7128	1,00	949,00	39204,00
	Bersim	1,20	Tirs	10678	4	4320	1,00	949,00	23760,00
	BAS	1,40	Tirs	13041	90	3780	6,00	882,00	20790,00
Pet_Arbo_Irri	Agrume	2,00	Tirs	29480	142	6480	2,00	557,60	35640,00
	Blé tendre	1,00	Tirs	3115	5	0	1,00	782,80	0,00
	Bersim	2,00	Tirs	13890	3	5400	1,50	782,80	29700,00
Pet_Marai_Irri	Tomate	0,20	Rmel	5674	28	7050	6,34	782,80	38775,00
	Pastèque	0,20	Rmel	2329	28	4600	1,60	782,80	25300,00
	Aubergine	0,15	Rmel	2762	10	6476	2,50	782,80	35618,00
	Courgette	0,40	Rmel	7286	42	3400	0,50	782,80	18700,00
	Luzerne	0,30	Rmel	0	5	4320	6,40	949,00	23760,00
Pet_Marai_Sec	Oignon	1,00	Tirs	27455	160	1500	6,00	782,80	8250,00
	Tomate	1,00	Tirs	16120	145	3300	24,80	782,80	18150,00
	Blé tendre	2,00	Tirs	13700	6	0	1,00	1909,80	0,00
	Fève	1,00	Tirs	2705	21	0	0,00	391,40	0,00
Pet_Gc_Irri	Artichaut	0,30	Dehs	6803	26	0	0,00	557,60	0,00
	Maïs	0,30	Dehs	4809	2	5400	0,00	557,60	29700,00
	CAS	2,40	Dehs	43200	33	8640	0,00	949,00	47520,00
Pet_GC_Sec	Blé tendre	2,50	Tirs	13038	5	0	1,50	782,80	0,00
	Melon	1,25	Tirs	13586	80	6370	7,17	949,00	35035,00
	Fève	0,90	Tirs	2435	16	0	1,00	391,40	0,00
	Bersim	0,35	Tirs	4220	4	3888	1,00	1340,40	21384,00

Surface cultivée (SAU) : ha
Marge brute : Dirhams /ha
Main-d'œuvre (MO) : Jours/ha
Consommation en eau (C_{eau}) : m³/ha
Energie machine et irrigation : MJ/ha

b. Représentation archétype

	Culture	SAU	Type de sol	Marge brute	MO	C _{eau}	IFT	EJ machine	EJ irrigation
Moy_Arbo_Irri	Blé dur	8,32	Dehs	8247,80	3	0,00	1,00	2076,00	0,00
	Agrume	11,43	Dehs	254775,10	142	7656,00	3,00	557,60	42108,00
Moy_Marai_Irri	Tomate	3,36	Rmel	69910,50	245	3510,30	18,00	782,80	19306,65
	P de terre	2,24	Rmel	39692,50	28	6798,30	2,70	979,00	37390,65
	BAS	2,00	Rmel	12185,00	95	1120,00	6,30	882,00	6160,00
Moy_Marai_Sec	Blé dur	8,75	Tirs	7575,00	4	0,00	1,00	2076,00	0,00
	Tomate	7,00	Tirs	51122,50	220	7500,00	6,10	1439,60	41250,00
	Melon	2,50	Tirs	52172,50	80	6372,00	7,10	949,00	35046,00
Moy_GC_Irri	CAS	5,45	Tirs	67168,20	18	8147,20	1,80	1483,93	44809,60
	Blé tendre	3,89	Tirs	18814,20	5	0,00	1,00	1992,90	0,00
	Arachide	3,16	Tirs	29389,20	60	5400,00	3,50	0,00	29700,00
Moy_GC_Sec	BAS	3,65	Tirs	28890,67	92	4190,00	4,00	1106,90	23045,00
	Blé dur	1,25	Tirs	8367,50	2	0,00	1,75	1121,10	0,00
	Blé tendre	6,50	Tirs	59617,00	4	0,00	2,00	2171,73	0,00
Pet_Arbo_Irri	Agrume	1,66	Tirs	27543,33	142	7380,00	1,50	557,60	40590,00
	Blé tendre	3,10	Tirs	7982,66	5	1226,00	1,90	1514,46	6743,00
Pet_Marai_Irri	Courgette	0,27	Rmel	4857,33	42	3400,00	2,50	782,80	18700,00
	Haricot vert	0,38	Rmel	7313,33	58	2030,00	3,50	1565,50	11165,00
	Luzerne	0,20	Rmel	0,00	5	4320,00	0,50	949,00	23760,00
	Pastèque	0,34	Rmel	1552,67	28	4600,00	6,40	782,80	25300,00
	Tomate	0,34	Rmel	3782,67	28	7050,00	6,30	782,80	38775,00
Pet_Marai_Sec	Blé tendre	2,00	Tirs	13700,00	160	0,00	1,00	1909,80	8250,00
	Féve	1,00	Tirs	2705,00	145	0,00	0,00	391,40	18150,00
	Oignon	1,00	Tirs	27455,00	6	1500,00	6,00	782,80	0,00
	Tomate	1,00	Tirs	16120,00	21	3300,00	24,80	782,80	0,00
Pet_GC_Irri	Arachide	0,79	Tirs	4275,78	34	0,00	1,20	587,10	24849,00
	BERSIM	0,59	Tirs	3924,00	4	3546,00	1,00	907,45	19503,00
	Blé tendre	0,99	Tirs	3702,20	4	864,00	2,00	1784,12	4752,00
	CAS	0,52	Tirs	5416,67	3	9990,00	0,00	670,20	54945,00
	Mais	0,21	Tirs	3434,33	2	4350,00	1,00	474,50	23925,00
Pet_GC_Sec	Blé tendre	2,21	Tirs	9674,90	4	1226,00	1,20	1158,46	6743,00
	CAS	1,02	Tirs	1144,50	8	19008,00	1,00	949,00	104544,00
	Mais	1,08	Tirs	2753,50	3	4104,00	1,00	391,40	22572,00
	Orge	0,18	Tirs	381,50	1	1296,00	0,00	391,40	7128,00

c. Représentation moyenne

	Culture	SAU	Type de sol	MB	MO	C _{eau}	IFT	EJ machine	EJ irrigation	
Moy_Arbo_Irri	Blé dur	4,93	0,64 4,29	Dehs Tirs	8247,80	3,00	0,00	1,00	2076,00	0,00
	Blé tendre	0,99	0,37 0,62	Dehs Ferchach	1300,30	3,00	1226,00	1,00	2076,00	6743,00
	Agrume	11,43	11,43	Dehs	254775,10	142,00	7656,00	3,00	557,60	42108,00
	Luzerne	0,60	0,60	Ferchach	0,00	4,00	0,00	0,50	949,00	0,00
	Bersim	0,20	0,20	Dehs	489,10	4,00	3888,00	1,00	1340,40	21384,00
	BAS	0,80	0,80	Dehs	1947,70	65,00	3000,00	1,25	1439,60	16500,00
	Melon	0,80	0,80	Tirs	9385,50	100,00	7464,00	6,00	782,80	41052,00
Moy_Marai_Irri	Tomate	0,99	0,25 0,74	Rmel Tirs	69910,50	245,00	3510,30	18,00	782,80	19306,65
	Pastèque	0,74	0,74	Rmel	9725,00	35,00	5294,30	7,00	979,00	29118,65
	Courgette	0,25	0,25	Rmel	3311,50	42,00	3400,00	6,00	782,80	18700,00
	P de terre	2,24	2,24	Rmel	39692,50	28,00	6798,30	2,70	979,00	37390,65
	BAS	2,00	2,00	Tirs	12185,00	95,00	1120,00	6,30	882,00	6160,00
	Melon	0,74	0,74	Tirs	28002,50	40,00	2489,00	11,40	782,80	13689,50
	Poivron	0,44	0,44	Rmel	9373,00	11,00	2350,00	2,60	0,00	12925,00
	Arachide	0,20	0,20	Rmel	3248,50	10,00	4797,00	3,50	0,00	26383,50
Moy_Marai_Sec	Blé dur	3,75		Tirs	7575,00	4,00	0,00	1,00	2076,00	0,00
	Fève	0,75		Tirs	2036,25	27,00	0,00	0,00	782,80	0,00
	Artichaut	2,25		Tirs	41445,00	142,00	6480,00	1,00	949,00	35640,00
	Luzerne	0,75		Tirs	0,00	5,00	0,00	0,50	949,00	0,00
	Tomate	3,25		Tirs	51122,50	220,00	7500,00	6,10	1439,60	41250,00
	Melon	2,50		Tirs	52172,50	80,00	6372,00	7,10	949,00	35046,00
	Blé tendre	5,00		Tirs	32212,50	5,00	0,00	3,00	2076,00	0,00
Moy_GC_Irri	Bersim	1,07	0,41 0,16 0,50	Dehs Rmal Ferchach	7651,50	3,00	3531,00	1,00	707,30	19420,50
	CAS	4,54	0,70 0,83 0,91	Dehs Tirs Rmal	67168,20	18,00	8147,20	1,80	1483,93	44809,60
	Blé tendre	2,16	2,10 0,16 2,00	Ferchach Dehs Tirs	18814,20	5,00	0,00	1,00	1992,90	0,00
	Orge	0,66	0,66	Tirs	2780,00	8,00	0,00	1,00	2076,00	0,00
	Arachide	2,01	0,41 1,60	Tirs Rmal	29389,20	60,00	5400,00	3,50	0,00	29700,00
	Poivron	0,16	0,16	Tirs	2278,20	42,00	5120,00	0,60	782,80	28160,00
	Pastèque	0,25	0,25	Tirs	7042,30	42,00	5120,00	6,00	782,80	28160,00
	BAS	0,91	0,41 0,50	Rmal Ferchach	9246,50	7,00	3360,00	1,60	1111,20	18480,00
	Aubergine	0,08	0,08	Rmal	1067,00	10,00	5076,00	4,70	782,80	27918,00
	Tomate	0,66	0,66	Rmal	16196,80	245,00	6300,00	15,80	782,80	34650,00

Moy_GC_Sec	Artichaut	0,60	0,60	Tirs	9273,50	14,00	7128,00	1,00	949,00	39204,00
	BAS	1,47	1,47	Tirs	21668,00	92,00	4190,00	4,00	1106,90	23045,00
	Bersim	0,75	0,20	Ferchach	5284,00	33,00	4284,00	1,00	851,10	23562,00
	Blé dur	1,25	0,30	Tirs	4183,75	2,00	0,00	1,75	1121,10	0,00
			0,25	Ferchach						
	Blé tendre	5,50	0,25	Tirs	44712,75	4,00	0,00	2,00	2171,73	0,00
			0,50	Dehs						
	CAS	0,30	0,30	Ferchach	2700,00	32,00	8640,00	1,00	949,00	47520,00
	Fève	0,18	0,18	Ferchach	694,00	34,00	0,00	0,00	394,10	0,00
	Maïs	0,20	0,20	Ferchach	6692,00	1,00	4860,00	0,00	1518,40	26730,00
Melon	0,90	0,90	Tirs	31405,25	100,00	8000,00	5,50	1174,20	44000,00	
Orge	0,25	0,25	Dehs	632,75	1,00	0,00	0,00	391,40	0,00	
Pet_Arbo_Irri	Agrume	1,66	1,00	Tirs	27543,33	142,00	7380,00	1,50	557,60	40590,00
	BAS	0,50	0,66	Dehs	3315,00	8,00	3240,00	1,25	1439,60	17820,00
			0,66	Tirs	4630,00	3,00	5400,00	1,00	782,80	29700,00
	Blé tendre	1,60	0,94	Tirs	7984,67	5,00	1226,00	1,90	1514,46	6743,00
			0,66	Dehs	901,67	16,00	0,00	1,00	394,10	0,00
Fève	0,34	0,34	Dehs	901,67	16,00	0,00	1,00	394,10	0,00	
Pet_Marai_Irri	Aubergine	0,10		Rmel	1841,33	10,00	6476,00	1,60	782,80	35618,00
	Carotte	0,10		Rmel	1450,33	18,00	0,00	2,00	782,80	0,00
	Courgette	0,27		Rmel	4857,33	42,00	3400,00	2,50	782,80	18700,00
	Haricot s	0,14		Rmel	391,00	58,00	2030,00	3,75	782,80	11165,00
	Haricot v	0,24		Rmel	7313,33	100,00	2030,00	3,50	1565,50	11165,00
	Luzerne	0,20		Rmel	0,00	5,00	4320,00	0,90	949,00	23760,00
	Navet	0,10		Rmel	53,67	19,00	0,00	0,50	782,80	0,00
	Pastèque	0,14		Rmel	1552,67	28,00	4600,00	6,40	782,80	25300,00
	P de terre	0,10		Rmel	1782,33	23,00	6259,00	3,50	782,80	34424,50
	Tomate	0,14		Rmel	3782,67	28,00	7050,00	6,30	782,80	38775,00
Pet_Marai_Sec	Blé tendre	2,00		Tirs	13700,00	160,00	0,00	1,00	1909,80	8250,00
	Fève	1,00		Tirs	2705,00	145,00	0,00	0,00	391,40	18150,00
	Oignon	1,00		Tirs	27455,00	6,00	1500,00	6,00	782,80	0,00
	Tomate	1,00		Tirs	16120,00	21,00	3300,00	24,80	782,80	0,00

Pet_GC_Irri	Agrume	0,01	0,01	Tirs	265,22	114,00	7128,00	1,50	557,60	39204,00
	Arachide	0,36	0,36	Rmel	4275,78	34,00	4518,00	1,20	587,10	24849,00
	Artichaut	0,03	0,03	Dehs	755,89	0,00	0,00	0,00	557,60	0,00
	BAS	0,12	0,05 0,07	Tirs Rmel	823,22	52,00	2445,00	3,60	832,40	13447,50
	Bersim	0,44	0,11 0,22	Ferchach Tirs	3924,00	4,00	3546,00	1,00	907,45	19503,00
	Blé dur	0,14	0,03 0,11	Rmel Tirs	235,67	2,00	0,00	1,00	1880,30	0,00
	Blé tendre	0,74	0,36 0,33	Tirs Ferchach	3702,22	4,00	864,00	2,00	1784,12	4752,00
	CAS	0,40	0,05 0,40	Rmel Dehs	5416,67	3,00	9990,00	0,00	670,20	54945,00
	Courgette	0,04	0,04	Rmel	408,33	42,00	2780,00	6,00	782,80	15290,00
	Fève	0,15	0,04 0,11	Dehs Tirs	293,78	26,00	0,00	1,00	391,40	0,00
	Haricot s	0,18	0,18	Rmel	721,78	79,00	4477,50	3,10	782,80	24626,25
	Luzerne	0,15	0,04 0,11	Rmel Tirs	0,00	4,00	4320,00	0,50	949,00	23760,00
	Mais	0,20	0,04 0,16	Dehs Tirs	3434,33	2,00	4350,00	1,00	474,50	23925,00
	Orge	0,11	0,11	Tirs	172,33	1,00	450,00	0,00	391,40	2475,00
	Poivron	0,03	0,03	Rmel	958,33	42,00	4836,00	0,00	1174,20	26598,00
Pet_GC_Sec	BAS	0,72	0,06 0,60	Dehs Tirs	3983,90	58,00	2464,00	1,43	1276,00	13552,00
	Bersim	0,30	0,06 0,06	Ferchach Tirs	2382,60	4,00	3834,00	1,00	949,00	21087,00
	Blé dur	0,24	0,20 0,06	Ferchach Dehs	1317,40	3,00	0,00	1,16	1644,93	0,00
	Blé tendre	1,97	1,08 0,30	Tirs Dehs	9674,90	4,00	1226,00	1,25	1158,46	6743,00
	CAS	0,30	0,22 0,37	Rmel Ferchach	1144,50	8,00	19008,00	1,00	949,00	104544,00
	Fève	0,23	0,18 0,12	Tirs Ferchach	685,60	18,00	0,00	1,00	391,40	0,00
	Luzerne	0,06	0,11 0,06	Dehs Dehs	0,00	5,00	4320,00	0,50	782,83	23760,00
	Mais	0,12	0,12	Dehs	2753,50	3,00	4104,00	1,00	391,40	22572,00
	Melon	0,15	0,15	Tirs	1698,25	80,00	6370,00	7,17	949,00	35035,00
	Orge	0,18	0,12 0,06	Dehs Ferchach	381,50	1,00	1296,00	0,00	391,40	7128,00
	Pastèque	0,12	0,12	Rmel	1823,10	19,00	4000,00	4,70	0,00	22000,00
	Tournesol	0,10	0,10	Rmel	473,50	42,00	1800,00	1,00	782,83	9900,00