



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي
Université Echahid Hamma Lakhdar El-Oued
كلية علوم الطبيعة والحياة
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
قسم البيولوجيا
Département de Biologie

N série:...

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biodiversité et environnement

THEME

Evaluation de la pression phytosanitaire de la plasticulture sur l'agroécosystème oasien: cas de la wilaya d'El Oued.

Présentés Par :

M^{lle}.BEN THAMER Hassiba

M^{lle}. SEGHIERI Balkis

Devant le jury composé de :

Président : Mr.ZAATER AbdelMalek

M.A.A Université d'El-Oued

Examineur : Mr.DJOUDI Abdelhak.

M.A.A Université d'El-Oued

Promoteur : Mr. BELMESSAOUD Rachid

M.A.A Université d'El-Oued

Année universitaire : 2017/2018

Dédicaces

Nous dédions ce modeste travail à :

Nos parents ;

Nos frères et sœurs ;

Nos amies.

Hassiba & Balkis

Remerciements

Je tiens en premier lieu à exprimer ma sincère gratitude à **M. BEL MESSAOUD** Rachid, Maître assistant à l'université d'El Oued, pour avoir accepté d'être mon promoteur de mémoire. Merci pour la confiance que vous avez su m'accorder ensuite lors de la réalisation de ce travail. Je tiens aujourd'hui à vous remercier chaleureusement pour votre rôle dans l'élaboration de ce mémoire.

Je remercie vivement **Mr.ZAATER AbdelMalek** Maître assistant à l'université d'El Oued, de présider mon jury de soutenance et contribuer à son évaluation.

Je remercie infiniment **Mr.DEJOURDI Abdelhak** Maître assistant à l'université d'El Oued, d'être un membre d'examen et d'évaluation de mon travail.

Je remercie également tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, tout particulièrement mes amis.

sommaire

Dédicaces	3
Remerciements	5
sommaire	6
Liste des figures	9
Liste des tableaux	10
Liste des abréviations	11
Introduction générale	12
Synthèse Bibliographique	3

Chapitre I Produits phytosanitaires et Environnement

Introduction.....	5
1.Nature et propriétés physico-chimiques générales des pesticides	5
1.1. Nature chimique des pesticides organiques.....	5
1.2. Propriétés physico-chimiques générales des pesticides.....	6
2. Devenir des pesticides dans l'environnement	6
2.1. La rétention des pesticides sur les particules du sol	7
2.2. Transfert des pesticides vers les eaux souterraines	7
2.2.2. Facteurs influençant le transfert des pesticides vers les eaux souterraines	8
2.3. Transfert des pesticides vers l'atmosphère.....	9
2.3.1. La volatilisation	9
2.3.2. L'érosion éolienne	10
2.4. Dégradation des pesticides	10
3.Risques environnementaux liés à l'utilisation des pesticides.....	10
3.1. Risques de pollution des sols.....	10
3.2. Risques de pollution des eaux.....	11
3.3. Risques écotoxicologiques	11
3.4. Risques toxicologiques	12

Chapitre II La méthode IFT

Principes généraux de l'IFT	16
-----------------------------------	----

1) IFT traitement	16
1.1) Traitements réalisés au champ	16
Équation 2 : Conversion d'une dose exprimée en volume de bouille en une dose exprimée à l'hectare.	17
1.2) Traitements des semences et bulbes.....	17
1.3) Traitements des plants.....	18
1.4) Traitements sur les produits récoltés	18
2) IFT unité spatiale	18
3) Agrégation et segmentation de l'IFT	19
3.1) Agrégation spatio-temporelle.....	19
Équation 4 : équation d'un IFT déterminé à l'échelle de l'exploitation.	20
3.2) Segmentation	20
4) Comparaison à une référence	22
4.1) Les différents types de référence	22
4.2) Modalités de calcul	22
Partie Expérimentale.....	24

CHAPITRE I METHODOLOGIE ET CADRE D'ETUDE

1. METHODOLOGIE DE RECHERCHE	26
1.1. Les objectifs du travail.....	26
1.2. Méthodologie de l'étude.....	26
1.2.1. Choix de la région d'étude	28
1.2.2. Choix de l'échantillon.....	28
1.2.3. Elaboration du questionnaire	28
1.2.4. Les enquêtes	28
1.3. ANALYSE DES DONNEES	29
1.3.1. L'organisation des données.....	29
1.3.2. Evaluation de la pression phytosanitaire de la plasticulture sur l'agroécosystème oasien.....	29
2. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE	29
2.1. Situation géographique	29
2.2. Le milieu physique	30
2.2.1. Les reliefs	30
2.2.2. Le sol	31
2.2.3. Les ressources hydriques.....	31
2.2.4. Le climat.....	32

CHAPITRE II RESULTATS ET DISCUSSION

1. Organisation des exploitations agricoles	34
1.1. Description des données générales	34
1.2. Statut juridique	34
1.3. Age des agriculteurs	34
1.4. Main d'œuvre.....	35
1.5. Surface agricole utile (SAU)	35
1.6. Spéculations végétales	36
1.7. Le nombre de serres	37
2. Evaluation de la pression phytosanitaire de la plasticulture sur l'agroécosystème oasien	37
2.1. Calcul de l'indicateur de fréquence de traitements phytopharmaceutiques (IFT).....	37
2.2. Calcul de l'indice de pression de traitements phytopharmaceutiques (IPP).....	42
2.2.1. Par culture	42
2.2.2. Par station.....	43
Discussion générale	45
Conclusion générale	46
Références	48
Bibliographiques.....	48
Annexes	53

Liste des figures

Figure 1 : Devenir des pesticides dans l'environnement après application.....	6
Figure 2 : Schéma méthodologique de l'étude.	27
Figure3 : la main d'œuvre.....	35
Figure 4 : Les cultures maraichères.	36
Figure 5 : Distribution du nombre de serres.	37
Figure 6 : Valeurs moyennes d'IFT par station.	38
Figure 7 : Valeurs moyennes d'IFT par exploitation agricole.	38
Figure 8 : Valeurs moyennes d'IFT par culture	39
Figure 9 : Valeurs d'IFT par culture-exploitation.	40
Figure10 : Valeurs d'IPP par culture-station.....	42
Figure11 : comparaison entre les valeurs IFT station et IPP station.	44

Liste des tableaux

Tableau 1: Traitements exclus du calcul de l'IF	16
Tableau 2 : Catégories de pression phytosanitaire	23
Tableau 3: stations d'enquête.....	30
Tableau 4 : Les variables retenues pour l'analyse.....	34
Tableau 5: Matrice (Coef. de corrélation de Pearson) de corrélations entre variables étudiées.	34
Tableau 6 : Age des exploitants.....	35
Tableau 7: Distribution des exploitations agricoles par classe de la SAU.	36
Tableau 8 : IFT moyen par culture.....	39
Tableau 9: IFT détaillé par cultures et par exploitation.	41
Tableau 10: Les détails des valeurs IPP par station.	42
Tableau 11: Les détails des valeurs IFT et IPP moyens par culture.....	42
Tableau 12: Les valeurs de l'IFT et l' IPP moyens par station.	43

Liste des abréviations

ARB : Arboriculture.

BF : Besoins financiers

BV : Bovin.

CAP : Caprin.

DAAF : Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt en France.

DDT : Dichlorodiphényltrichloroéthane.

DSA : Direction des services agricoles.

DSA : Direction des Services Agricoles.

ha : hectare.

IBEA: impact de la biodiversité sur les exploitations agricoles

IDEA : Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles

ISO : International Organisation of Standardisation

Kd : Constante de dissociation à l'équilibre des ligands des récepteurs.

Kg : Kilogramme.

Koc : Coefficient de partage avec le carbone organique.

MAR: Maraîchage.

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economique.

ONG : Organisations non gouvernementales.

OV : Ovin.

Qx, qt : Quintaux, quintal.

R.N : Route nationale

SAT : superficie agricole totale.

SAU : superficie agricole utile.

SCA : la surface en culture annuelles

UGB : Unité de gros bétail.

UTH : Unité de travail humain.

Introduction générale

Depuis la Convention de Rio de Janeiro en 1992, les pays signataires se sont engagés à conserver la diversité biologique de leur territoire. La connaissance de l'impact des pratiques agricoles sur l'environnement est donc de grande importance. La mise au point d'indicateurs agri-environnementaux permet d'évaluer l'impact environnemental des pratiques agricoles et de mieux les ajuster.

En Algérie, l'évaluation de la pression phytosanitaire de l'exploitation agricole maraichère sur l'agroécosystème n'a fait l'objet que de peu de recherches dans certaines régions, en abordant l'usage des pesticides. Toutefois, à notre connaissance, l'évaluation de la pression phytosanitaire de l'exploitation agricole sur l'agroenvironnement dans une région typiquement saharienne telle que le Souf n'a jamais été abordée.

Aujourd'hui, compte tenu des transformations socioéconomiques dans le Souf, la vie traditionnelle des oasis tend à une spécialisation orientée vers l'économie de marché. En effet, la demande en produits agricoles s'est considérablement accrue, exigeant une diversité de produits. Cette diversité de la production agricole est liée à de nouvelles formes de mise en culture, d'irrigation et de conduite de l'élevage. Dès lors s'est particulièrement développée une agriculture de fruits et de légumes en lisière des vieilles palmeraies inondées à cause de la remontée de la nappe phréatique, associée au développement de l'élevage des ruminants et des petits élevages. Ce regain d'activité agricole a été rendu possible grâce à l'élargissement du plan national du développement agricole aux régions sahariennes connues par le caractère aride du climat, la fragilité de l'équilibre de ses écosystèmes et les limites de ses ressources naturelles. Il est évident que dans ce contexte particulier, il est à craindre que les agriculteurs n'aient d'autres choix que de se comporter selon une logique de subsistance qui se traduirait par une exploitation abusive des ressources. De ce fait, cette agriculture, entre tradition et modernité, soulève des interrogations dont la plus pertinente est relative à son impact sur l'environnement et par conséquent à sa durabilité.

C'est dans cette optique que s'inscrit cette étude dont l'objectif consiste à évaluer la pression d'usage des phytosanitaires dans les pratiques agricoles phytosanitaires des exploitations agricoles de plasticulture sur l'environnement local du Souf par l'indicateur de traitements phytosanitaires (IFT) et l'indice de pression phytosanitaire (IPP) (MAA , 2018, DAAF , 2013).

Des éléments bibliographiques seront tout d'abord apportés dans une première partie pour faire le point sur les produits phytosanitaires et leurs impacts sur l'environnement. Puis, dans

une deuxième partie, nous aborderons la méthodologie mise en œuvre et la présentation du cadre d'étude. Ensuite, l'identification et une analyse des exploitations agricoles maraichères de plasticulture de la zone d'étude permettront d'en décrire le fonctionnement et de procéder à l'évaluation de la pression de leurs pratiques phytosanitaires sur l'environnement. Enfin, dans la conclusion générale, nous présenterons les points essentiels du travail et nous proposerons quelques perspectives pour les travaux ultérieurs.

Synthèse Bibliographique

Chapitre I

Produits phytosanitaires et Environnement

Introduction

Les produits phytosanitaires utilisés en agriculture appartiennent à différentes familles chimiques et possèdent ainsi des propriétés diverses, lesquelles conditionnent, en partie, leur devenir dans l'environnement. En effet, une fois appliqués, ils vont subir divers processus de rétention, de transfert et/ou de dégradation aboutissant à la pollution des sols, de l'eau, de l'atmosphère et des denrées alimentaires ou au contraire à leur élimination.

Ce chapitre traite de la nature et des propriétés physico-chimiques de ces pesticides, de leur devenir dans l'environnement, des risques résultant de leur usage et de la problématique des résidus de pesticide dans les aliments et l'eau.

1. Nature et propriétés physico-chimiques générales des pesticides

Les pesticides sont des substances ou préparations permettant de lutter contre les ennemis des cultures et des produits récoltés. Leur composition élémentaire et leur structure chimique très variées sont à la base de propriétés physico-chimiques et biologiques très diverses. Ces propriétés, en particulier chimiques, conditionnent leur comportement dans l'environnement. Selon la nature chimique, il existe trois catégories de pesticides que sont les pesticides inorganiques, les pesticides organométalliques et les pesticides organiques. Ces derniers constituent, de loin, le groupe le plus important et représentent l'essentiel des pesticides utilisés en agriculture.

1.1. Nature chimique des pesticides organiques

Les pesticides organiques appartiennent à diverses familles chimiques regroupant chacune un ensemble de molécules dérivées d'un groupe d'atomes qui constituent une structure de base. Il existe actuellement plus de 80 familles chimiques constituées par un nombre de substances très variable dont certaines représentées par un seul pesticide (Manual, 1995).

Cependant, il faut noter qu'il n'existe pas de relations univoques simples entre une famille chimique et les propriétés des molécules qui ne dépendent pas seulement de l'existence d'un groupe fonctionnel caractéristique mais aussi de celle de motifs moléculaires particuliers (noyaux aromatiques ou chaînes aromatiques, par exemple). Ceci explique les difficultés liées à la réalisation d'une typologie des familles regroupant tous les pesticides. Néanmoins, une classification chimique se fondant sur la présence d'un groupe principal d'atomes, l'arrangement cyclique ou aliphatique des atomes, la présence d'atomes particuliers ou de groupes secondaires d'atomes peut être faite. Le tableau 2-1 dresse une liste des principales familles chimiques sur cette base avec un représentant pour chacune d'elle.

1.2. Propriétés physico-chimiques générales des pesticides

La grande variété structurale des pesticides est à l'origine d'une grande diversité de propriétés physico-chimiques dont dépend leur comportement dans les différents compartiments de l'environnement, le sol, les eaux et l'atmosphère. En effet, le potentiel de transfert des produits phytosanitaires peut être évalué à partir de quelques propriétés physicochimiques dont les plus importantes sont la solubilité, le coefficient de partage octanol/eau (KOW), la pression de vapeur, la constante de Henry (KH), le coefficient de partage sol/eau (Kd).

2. Devenir des pesticides dans l'environnement

L'évolution des pesticides dans l'environnement dépend de leurs propriétés physicochimiques (solubilité, KOC, DT50...) ainsi que des caractéristiques pédoclimatiques et topographiques du terroir (structure, texture du sol, matière organique, biodiversité, microorganismes...). Après épandage, ils atteignent le sol où ils peuvent être soumis à des processus de rétention, de transfert vers les eaux souterraines et de transfert vers l'atmosphère par volatilisation ou érosion. Ils peuvent aussi faire l'objet de dégradation biologique par les microorganismes du sol (biodégradation) et de dégradation abiotique (réactions d'hydrolyse, d'oxydoréduction, de photodégradation) (Figure 1).

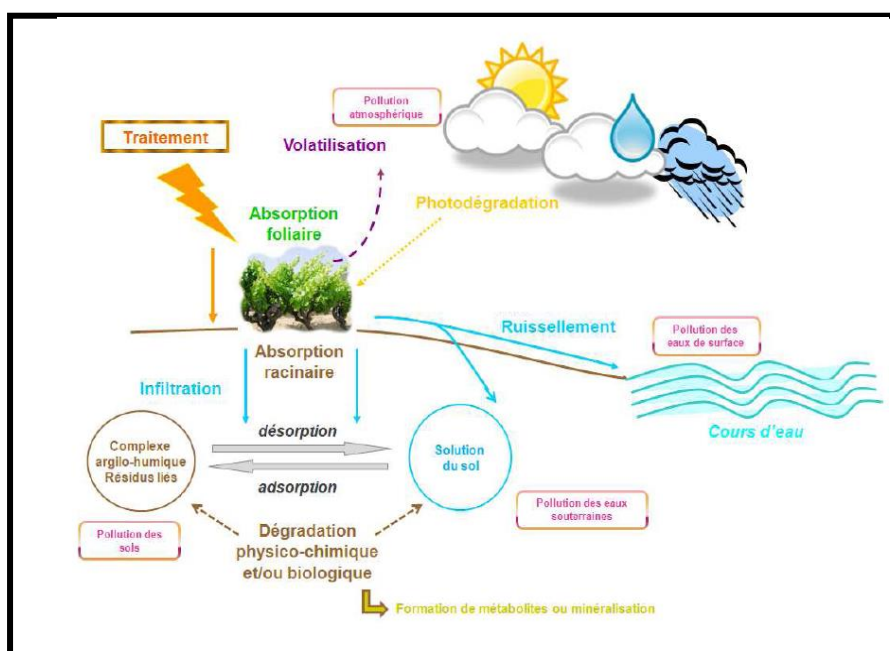


Figure 1 : Devenir des pesticides dans l'environnement après application

2.1. La rétention des pesticides sur les particules du sol

C'est un processus immobilisant plus ou moins longtemps les molécules de pesticides et joue un rôle central dans le déterminisme de leur biodisponibilité et de leur transfert. Les phénomènes impliqués peuvent être physico-chimiques (adsorption, stabilisation chimique et stabilisation physique) ou biologiques (biosorption ou absorption). L'adsorption est plus fréquemment observée et aussi mieux connue que les autres phénomènes et concerne les espèces chimiques à l'état gazeux ou à l'état dissous. Elle a lieu, en général pour les pesticides, à l'interface liquide/solide entre la solution du sol et les constituants solides ou la phase liquide interstitielle et les sédiments. Elle dépend des propriétés physico-chimiques des pesticides et des adsorbants.

2.2. Transfert des pesticides vers les eaux souterraines

La présence des pesticides dans les eaux souterraines a été mise en évidence dans beaucoup de travaux. Les processus impliqués sont divers et les quantités transférées sont fonction des caractéristiques physico-chimiques des pesticides et des sols mais aussi des conditions climatiques (Beigel et Di Pietro, 1999).

Phénomènes impliqués sont :

La lixiviation

Elle permet, en milieu non saturé en eau, de transférer des pesticides jusque dans les nappes souterraines au cours de l'infiltration. Son importance est fonction du partage avec le ruissellement. Elle est faible voire nulle si celui-ci est maximal et inversement. Les modalités d'infiltration de l'eau dépendent des caractéristiques pédologiques et expliquent les différences observées entre les prélèvements dans des piézomètres voisins (Calvet et al., 2005).

Le transport particulaire

Les molécules de pesticides associées à des particules colloïdales minérales ou organiques peuvent être transportées jusqu'aux nappes phréatiques. Les substances humiques et d'autres composés organiques colloïdaux provenant, par exemple, de lixiviats de décharges peuvent fixer des pesticides et accroître leur solubilité apparente dans l'eau. La mobilité plus grande que prévue d'une molécule hydrophobe comme le DDT a été expliquée sur cette base (Enfield et Yates, 1990). De même, les transferts de pesticides dans les eaux souterraines pourraient trouver une explication dans la présence de composés organiques colloïdaux dans les aquifères sableux.

2.2.2. Facteurs influençant le transfert des pesticides vers les eaux souterraines

2.2.2.1. Les propriétés physico-chimiques des pesticides

Certaines propriétés physico-chimiques jouent un rôle important dans le transfert des pesticides vers les eaux souterraines et les approches d'estimation des risques se fondent sur des paramètres tels que le Kd ou son expression normalisée le KOC et le DT50.

Relativement au Kd, la tendance générale est que plus un pesticide possède un Kd élevé, plus son transport est réduit. On observe une diminution importante de l'adsorption et donc du Kd en profondeur (1 à 10) correspondant à des horizons du sol pauvres en composés carbonés (Madrigal-Monarrez, 2004).

Le paramètre DT50 est utilisé pour déterminer le caractère polluant potentiel d'un pesticide. En effet, plus le pesticide est persistant dans les sols, plus il a de chances de subir des transferts vers les eaux souterraines ou superficielles.

L'indice de mobilité GUS (Groundwater Ubiquity Score) proposé par Gustafson a été construit en considérant que le potentiel de pollution d'un pesticide est principalement déterminé par l'adsorption, exprimée par le coefficient KOC et la dissipation, exprimée par la durée de demi-vie de dissipation (DT50) (Gustafson, 1989). Elle est exprimée de la façon suivante:

$$GUS = [\log_{10}(\text{soil half-life})][4 - \log_{10}(\text{KOC})]$$

Il permet de répartir les pesticides en deux groupes en se basant sur leur présence ou leur absence dans les eaux souterraines selon les deux valeurs repères suivants:

- GUS > 2,8 pesticides généralement retrouvés dans les eaux souterraines;
- GUS < 1,8 pesticides généralement absents des eaux souterraines.

2.2.2.2. Propriétés des sols

Dans le sol, la matière organique constitue la principale phase adsorbante et l'un des facteurs jouant un rôle important dans la mobilité des pesticides. Ceci a été démontré dans de nombreux travaux où les quantités lessivées retrouvées étaient plus importantes dans les sols pauvres en matière organique (Ariaz-Estevez et al., 2008).

Cependant, la présence de matière organique dissoute dans le sol et les eaux d'infiltration peut favoriser le lessivage des pesticides en raison de l'augmentation de la solubilité des molécules (Song et al., 2008).

La structure du sol joue également un rôle important dans le transfert des pesticides vers les eaux souterraines. Des pollutions parfois importantes peuvent être consécutives à des transferts préférentiels dus à la présence de macropores (sols argileux, roches altérées) (Siczec et al., 2008).

La texture des sols est également un des facteurs dont dépend le transport des pesticides dans le sol comme l'illustre le cas du terbacil qui est très mobile dans les sols à texture sableuse et modérément mobile dans les sols argileux (Mora et al., 1997).

2.2.2.3. Facteurs climatiques

Les facteurs climatiques susceptibles d'influencer le transfert des pesticides vers les eaux souterraines sont essentiellement la température et les précipitations.

2.2.2.4. Temps de contact sol-pesticide

Le transfert des pesticides vers les nappes d'eaux souterraines est aussi influencé par leur durée de résidence dans le sol. De nombreux travaux ont mis en évidence une diminution des concentrations de pesticides dans les volumes de lixiviat après un temps de séjour plus ou moins long des pesticides dans le sol (Conrad et al., 2006). Au cours du vieillissement, il y a une dégradation des pesticides sans que ce processus ne permette d'expliquer la diminution des quantités transférées. Une diffusion à l'intérieur des agrégats du sol, rendant les molécules moins disponibles au transfert, pourrait l'expliquer (Walker et al. 2005).

2.3. Transfert des pesticides vers l'atmosphère

Ce transfert peut être consécutif à un processus de volatilisation ou par érosion éolienne.

2.3.1. La volatilisation

C'est un processus qui permet le transfert, par évaporation ou sublimation, des composés du sol ou des plantes vers l'atmosphère. Il se fait en deux temps :

- dans un premier temps, une partie de la quantité appliquée se volatilise à la suite d'un déplacement d'équilibre entre la phase solide ou liquide et la phase gazeuse. Ce processus implique un changement d'état du pesticide;
- le deuxième temps correspond à la dispersion de la vapeur résultante dans l'atmosphère par diffusion ou par mélange turbulent.

En fonction des propriétés physico-chimiques des pesticides et des conditions environnementales, des pertes par volatilisation allant jusqu'à 90% des doses appliquées peuvent être enregistrées. Les départs de volatilisation peuvent se faire à partir du sol ou des plantes. Ces derniers semblent plus importants et plus rapides (Van den Berg et al 1999).

La durée et l'intensité des émissions vers l'atmosphère sont très variables selon la nature chimique du composé, le mode d'application et les conditions pédoclimatiques locales.

2.3.2. L'érosion éolienne

Sa contribution à la contamination de l'atmosphère n'est pas la plus importante ni la plus étudiée. Cependant, certains herbicides peuvent être soumis à ce processus bien que les quantités émises soient faibles par rapport aux pertes par volatilisation (Glotfelty et al. 1989).

2.4. Dégradation des pesticides

La dégradation joue un rôle important dans le devenir des pesticides en ce qu'elle assure la transformation de la molécule initiale d'une manière plus ou moins prononcée pouvant aller jusqu'à sa minéralisation. En fonction de la distribution du pesticide, de la nature des surfaces mises en jeu, de l'activité biologique et des propriétés physico-chimiques, diverses réactions chimiques et/ou biochimiques peuvent se produire et conduire à la transformation partielle ou complète du pesticide.

3. Risques environnementaux liés à l'utilisation des pesticides

Lors des traitements ou des transferts ultérieurs, les pesticides pénètrent dans les compartiments de l'environnement entraînant différents types de pollution pouvant avoir des effets négatifs sur les organismes vivants.

Pour l'homme, seuls les risques toxicologiques indirects provenant de son environnement et dus à la présence de substances toxiques dans le milieu naturel, les aliments et l'eau de boisson sont considérés comme risques environnementaux.

3.1. Risques de pollution des sols

Les pesticides se retrouvent dans le sol par application directe, retombées atmosphériques, dérive au moment des applications. Leur transport, persistance ou dégradation dans ce milieu dépend de leurs propriétés physico-chimiques et des propriétés physico-chimiques et biologiques du sol. Ces facteurs vont affecter l'adsorption/désorption, la volatilisation, la dégradation, l'absorption par les plantes, le ruissellement et la lixiviation des pesticides.

Certains pesticides comme les organochlorés ont une persistance dans le sol pouvant varier de quelques heures à plusieurs années. Ainsi, bien que leur utilisation ait été interdite ou restreinte depuis des années dans beaucoup de pays, ils continuent d'être détectés dans les sols (Hildebrandt et al., 2009, Jiang et al., 2009). En Inde, Mishra et al. ont rapporté des concentrations moyennes en HCH total et DT assez élevées dépassant 705 ng/g. En Chine dans une étude réalisée dans des parcs urbains, Li et al. ont trouvé des teneurs élevées en pesticides organochlorés, en particulier le DDT et le HCH. Cette contamination a été attribuée

à l'usage de l'HCH technique, du lindane, du DDT technique et du dicofol contenant des impuretés de DDT (Li et al., 2008). Dans la même rubrique, des pesticides de la famille de l'endosulfan et du DDT figuraient parmi les pesticides les plus détectés dans les sols bien que leur application récente n'ait pas été signalée (Plaza-Bolaños et al., 2012).

Dans le sol, les pesticides peuvent s'adsorber sur la matière organique ou les particules d'argile qui les rendent moins mobiles, moins biodisponibles, moins accessibles à la biodégradation et par conséquent plus persistants. Ce processus peut aboutir avec le temps et une répétition des applications à la formation de résidus liés non-extractibles. Bien que ces résidus liés n'aient qu'une faible signification en raison de leur caractère inactif et non biodisponible, ils peuvent être parfois libérés en cas de changement du pH du sol ou d'addition d'engrais azotés. Des possibilités d'absorption et de remobilisation de ces résidus par les plantes et les vers de terre existent également (Gevao et al., 2000).

3.2. Risques de pollution des eaux

Les pesticides entrent en contact avec l'eau par dérive au moment de l'application ruissellement à partir des surfaces traitées, lixiviation au cours des infiltrations, ou par dépositions atmosphériques humides ou sèches. La contamination des eaux dépend essentiellement des propriétés du pesticide, des caractéristiques du sol, des conditions climatiques mais aussi de la distance du site d'application à la source d'eau. Sa distribution spatiale et temporelle est fonction des schémas d'exploitation de la terre et des pesticides utilisés.

Des contaminations des eaux de surface et de puits ont été notées au niveau de sites proches de terres agricoles dans le monde (Añasco et al., 2010, Gilliom, 2007). En général, les composés fréquemment retrouvés étaient l'atrazine, la simazine, l'alachlor, le métolachlor, le trifluraline, le diazinon, le parathion méthyle, le lindane, l'endosulfan et l'aldrin. Les eaux superficielles étaient généralement plus polluées que les eaux souterraines surtout près des sites agricoles ou urbaines.

3.3. Risques écotoxicologiques

Les organismes et microorganismes du sol sont essentiels pour le maintien de la structure du sol, la transformation et la minéralisation de la matière organique permettant de rendre disponibles les nutriments à la plante. Les produits phytosanitaires appliqués de manière écologiquement irrationnelle peuvent avoir des impacts négatifs sur ces populations.

Des effets toxiques de certains fongicides sur les champignons du sol et les actinomycètes ont été rapportés (Pal et al., 2005). Les bactéries nitrifiantes sont très sensibles à l'influence

des pesticides et une inhibition de la nitrification a été observée par des herbicides de la famille des sulfonylurées (Gigliotti et Allievi, 2001).

Des études récentes réalisées par Shahla et D'Souza ont mis en évidence des effets négatifs de plusieurs pesticides sur la reproduction et la croissance des vers de terre (Shahla et D'Souza, 2010).

Cette dernière a été, par exemple, influencée négativement par une exposition chronique au chlorpyrifos et à l'azinphos méthyle (Reinecke et Reinecke, 2007).

Les effets des pesticides sur les abeilles sont étroitement surveillés. Ainsi, un déclin de la richesse en espèces d'abeilles sauvages a été noté après des applications répétées de fénitrothion (Brittain et al., 2010). Russel et Schultz ont démontré que l'utilisation d'herbicides pouvait réduire significativement la survie, l'aile et le poids de la nymphe de papillon au niveau des zones traitées (Russell et Schultz, 2009).

3.4. Risques toxicologiques

Les pesticides peuvent se retrouver dans l'organisme humain directement par ingestion, inhalation ou pénétration cutanée ou indirectement par l'intermédiaire des sols, des poussières, d'eau ou d'aliments contaminés. Une fois dans l'organisme, ils ont la propriété de provoquer des dommages en altérant les fonctions normales. Leurs effets peuvent se manifester immédiatement ou quelques heures après l'intoxication (intoxication aiguë) ou sur le long terme (intoxication chronique). Les effets délétères des pesticides peuvent se manifester localement (effets locaux) ou affecter tout l'organisme (effets généraux). Selon, l'OMS, les pesticides sont responsables de près de trois millions de cas d'empoisonnements graves et de 220 000 décès chaque année dans le monde (WHO, 1992). Les perturbations auxquelles l'organisme est confronté peuvent être de divers ordres (affections neurologiques, endocriniens, du système immunitaire, cancers, troubles de la reproduction...).

C'est ainsi que plusieurs études ont mis en évidence un risque accru de maladie de Parkinson associé à l'exposition à des insecticides ou des herbicides et ce risque serait élevé en cas d'exposition aux organochlorés, organophosphorés ou carbamates (Gorell et al., 1998, McCormack et al., 2002)].

Une part significative des substances identifiées comme perturbateurs endocriniens sont des pesticides. Ils agissent en interférant avec les hormones naturelles à cause de leur potentiel de liaison élevé avec les récepteurs oestrogéniques et androgéniques (Tabb et Blumberg, 2006). Ils peuvent aussi interférer dans la synthèse, le transport, le métabolisme et l'élimination de ces hormones entraînant une diminution de leur concentration. Par exemple, la production

d'hormones thyroïdiennes peut être inhibée par certains pesticides (cyhalothrine, fipronil) (Sugiyama et al., 2005).

Les pesticides perturbateurs endocriniens sont susceptibles d'affecter le développement sexuel avec une sensibilité particulière chez le fœtus et l'enfant. Généralement, les dommages se produisent au cours de la gamétogenèse et au stade initial du développement foetal mais les effets n'apparaissent qu'à l'âge adulte. La résidence à proximité des zones agricoles a été citée comme un facteur explicatif des anomalies du développement au cours de plusieurs études (faible poids de naissance, mort foetale, cancers chez l'enfant, cryptorchidie, hypospadias) (Carbone et al., 2006).

Une série d'études épidémiologiques réalisées depuis 1900 a permis de conclure que l'exposition aux pesticides peut affecter la spermatogénèse réduisant la fertilité masculine (Roeleveld et Bretveld, 2008).

D'autres études tendent à établir un lien entre l'exposition environnementale aux pesticides et le risque de cancers hormono-dépendants (Cohn, 2011).

Chapitre II

La méthode IFT

L'Indicateur de Fréquence de Traitements (IFT) est un indicateur de suivi de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques.

Cet indicateur a tout d'abord été développé au Danemark à partir du milieu des années 1980. Déterminé au niveau national, il se définissait comme la somme des ratios entre la quantité vendue de substance active et sa dose efficace, rapportée à la surface cultivée en terre arable. Il a été utilisé jusqu'en 2011 comme principal indicateur d'évaluation de la politique publique danoise de réduction des risques liés aux pesticides.

En France, l'Institut National de Recherche Agronomique (INRA) et le ministère en charge de l'agriculture ont développé en 2006 une méthode de calcul s'inspirant de l'expérience danoise (Champeaux, 2006 ; Pingault et al., 2009). La déclinaison française se détermine non pas sur les substances actives mais sur les produits phytopharmaceutiques et tient compte des quantités réellement appliquées au champ par l'agriculteur au lieu des quantités vendues.

Cette déclinaison française de l'IFT est mise en œuvre depuis 2007 dans certaines politiques publiques comme outil d'accompagnement et d'évaluation de la réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires. Aujourd'hui, l'IFT est ainsi utilisé dans le cadre des mesures agro-environnementales et climatiques (MAEC) de la programmation PAC 2015-2020, dans le réseau de fermes Dephy et les groupes de 30 000 fermes du plan Ecophyto, pour la certification environnementale des exploitations agricoles, pour le diagnostic agroécologique des exploitations agricoles. Il est également mobilisé par certains groupements d'intérêt économique et environnementale (GIEE).

L'IFT est exprimé en « nombre de doses de référence par hectare » appliquées sur une unité spatiale pendant une période donnée. Le plus généralement, l'unité spatiale est la parcelle et la période la campagne culturale. Cet indicateur peut ensuite être agrégé à l'échelle d'un ensemble de parcelles, d'un système de cultures, d'une exploitation, d'un groupe d'exploitations, d'un territoire ou d'une région. Il peut également être segmenté par famille ou type de produits phytopharmaceutiques, par type de traitements ou bien par type de cultures. Les modalités d'agrégation et de segmentation de l'IFT diffèrent selon les objectifs propres à chaque action publique.

On distingue les IFT « exploitant », déterminés à partir des cahiers d'enregistrement des pratiques phytosanitaires de l'exploitant, les IFT régionaux qui sont estimés à partir d'enquêtes reflétant les pratiques culturales à l'échelle régionale et les IFT de référence correspondant dans certaines actions publiques aux objectifs d'IFT à atteindre.

Principes généraux de l'IFT

1) IFT traitement

L'unité élémentaire de l'IFT est le traitement, c'est-à-dire l'application d'un produit pendant un passage. L'IFT Traitement se calcule différemment selon le type de traitement réalisé ou le type de produit utilisé.

1.1) Traitements réalisés au champ

Cette catégorie inclut l'ensemble des traitements réalisés sur l'unité spatiale d'intérêt. Il s'agit par exemple, des traitements au sol ou bien sur les parties aériennes de la plante.

Ils incluent également les traitements réalisés par l'intermédiaire d'un dispositif d'irrigation, en particulier pour les cultures hors sol.

Par convention, l'ensemble des traitements réalisés au champ, y compris les traitements obligatoires, sont pris en compte, exceptés les traitements suivants :

Tableau 1: Traitements exclus du calcul de l'IF

Traitements exclus	Grandes cultures	Canne à sucre	Arboriculture	Vigne	Cultures légumières	Horticulture
Rodenticides	x		x	x	x	x
Répulsifs, taupicides	x	x	x	x	x	x
Dévitualisation des souches	x	x			x	x

Légende : x signifie que le traitement n'est pas pris en compte dans le calcul de l'IFT

Chaque application est considérée comme un traitement, y compris dans le cas où un produit doit être utilisé en doses fractionnées. Un mélange de deux produits appliqué lors d'un même passage compte en revanche pour deux traitements.

L'IFT du traitement au champ est obtenu en divisant la dose réellement appliquée par la dose de référence pour le produit considéré.

Il existe deux types de doses de référence :

- les doses de référence définies à la cible : ces doses sont définies pour chaque produit, culture, cible ou fonction visée par le traitement ;
- les doses de référence définies à la culture : ces doses sont définies pour chaque produit et culture.

La dose de référence correspondant à la cible ou la fonction visée par le traitement doit être privilégiée, afin d'obtenir un IFT plus précis et reflétant au mieux les pratiques phytopharmaceutiques. Il arrive que plusieurs cibles soient simultanément visées par un

même traitement. Dans ce cas, la dose de référence à retenir pour le calcul de l'IFT correspond à la cible qui a déterminé le choix de la dose qui a été appliquée. Afin de pouvoir utiliser les doses de référence à la cible, il est nécessaire de renseigner la cible dans le cahier d'enregistrement des pratiques phytosanitaires. À défaut, c'est la dose de référence définie à la culture qui est considérée.

En l'absence de dose de référence, dans le cas, par exemple, d'un produit sans dose, l'IFT du traitement compte pour 1.

Si l'unité spatiale d'intérêt n'est pas traitée sur la totalité de sa surface, on tient également compte de la proportion de surface traitée, c'est-à-dire du ratio de la surface traitée sur la surface totale de l'unité spatiale.

$$IFT_{\text{Traitement champ}} = \frac{DA}{DR} \times PST$$

avec : *DA* : dose appliquée, *DR* : dose de référence, *PST* : proportion de surface traitée

Équation 1 : IFT traitement au champ

Lors du calcul de l'IFT Traitement champ, il est important de veiller à ce que les doses appliquées et les doses de référence soient exprimées dans la même unité. Il en est de même pour la surface traitée et la surface de l'unité spatiale. Les doses de référence sont le plus souvent exprimées en litre (L) ou kilogramme (kg) par hectare pour les grandes cultures, cultures légumières, vigne et horticulture, et en L ou kg par hectolitre de bouillie en arboriculture. D'autres unités peuvent cependant être utilisées comme, par exemple, le nombre de diffuseurs par hectare pour les phéromones ou le nombre de pièges par hectare. Afin d'exprimer la dose appliquée dans la même unité que la dose de référence, il peut être nécessaire de tenir compte du volume de bouillie réellement appliqué par hectare, à l'aide de la formule suivante :

$$Dose\ du\ produit\ kg / hL \times Volume\ de\ bouillie\ hL / Ha = Dose\ du\ produit\ kg / Ha$$

Équation 2 : Conversion d'une dose exprimée en volume de bouillie en une dose exprimée à l'hectare.

1.2) Traitements des semences et bulbes

Cette catégorie de traitements inclut l'ensemble des traitements réalisés sur les semences et bulbes avant leur semis ou plantation. L'exploitant peut avoir réalisé lui-même ce type de traitement ou bien l'avoir confié à un trieur à façon. Il peut également avoir acheté des semences ou bulbes ayant déjà été traités. Si le type de traitement réalisé ainsi que le produit

phytopharmaceutique ou les substances actives utilisées pour le traitement sont généralement connus de l'exploitant, les doses appliquées ne le sont pas toujours.

En conséquence, pour ce type de traitement, l'IFT est par défaut fixé à 1.

Dans le cas où la parcelle n'est pas intégralement semée avec des semences ou bulbes traités ou qu'un mélange de semences traitées/non traitées a été réalisé avant le semis, on tient également compte de la proportion de surface ou de semences effectivement traitées.

1.3) Traitements des plants

Cette catégorie de traitements inclut l'ensemble des traitements réalisés sur les plants avant leur plantation. Les modalités de calcul de l'IFT dépendent de l'activité de l'exploitant. Si l'exploitant est un producteur de plants, alors l'IFT se détermine selon la méthodologie décrite pour les traitements au champ. Si l'exploitant se fournit en plants ayant déjà été traités, alors l'IFT se détermine selon la méthodologie décrite pour les traitements de semences et bulbes. Dans les situations où l'IFT serait ensuite agrégé à l'échelle d'un groupe d'exploitations regroupant à la fois producteurs et utilisateurs de plants, afin d'éviter un double décomptage des traitements réalisés avant plantation, seuls les IFT « traitement des plants » des producteurs de plants et IFT « traitement au champ » des utilisateurs de plants seront pris en compte dans les calculs.

1.4) Traitements sur les produits récoltés

Les traitements réalisés par l'exploitant sur les produits récoltés de la parcelle ne sont pas pris en compte dans le calcul de l'IFT.

2) IFT unité spatiale

L'unité spatiale de base de l'IFT doit correspondre à un ensemble de terres cultivées en une espèce végétale donnée et conduites selon des pratiques homogènes (fertilisation, traitements phytosanitaires...). Pour l'exploitant agricole, il s'agit en général de la parcelle culturale. Pour l'expérimentateur, il s'agit plutôt de la placette.

L'IFT Unité spatiale correspond à la somme des IFT Traitement, qu'il s'agisse de traitements au champ ou de traitements de semences, réalisés sur cette unité spatiale pendant une période donnée. En l'absence de traitement, l'IFT Unité spatiale est à 0.

$$IFT_{\text{Unité spatiale}} = \sum_t \left(\frac{DA_t}{DR_t} \times PST_t \right)$$

avec : t : les traitements au champ réalisés pendant la période donnée, DA : dose appliquée, DR : dose de référence, PST : proportion de surface traitée

Équation 3a : équation d'un IFT unité spatiale sans traitement de semence.

$$IFT_{\text{Unité spatiale}} = \sum_t \left(\frac{DA_t}{DR_t} \times PST_t \right) + \sum_{ts} (1 \times PST_{ts})$$

avec : t : les traitements au champ réalisés pendant la période donnée, DA : dose appliquée, DR : dose de référence, PST : proportion de surface traitée, ts : les traitements de semence réalisés pendant la période donnée

Équation 3b : équation d'un IFT unité spatiale avec traitements de semence.

Pour les grandes cultures, arboriculture et vigne, cette période correspond à la campagne culturale, c'est-à-dire depuis la récolte du précédent (année $n - 1$) à la récolte de la culture de la campagne culturale en cours (année n). Pour les cultures légumières et l'horticulture, cette durée peut correspondre soit au cycle de production, c'est-à-dire depuis la récolte du cycle précédent jusqu'à la récolte de la culture pour le cycle en cours, soit à l'enchaînement des cycles de productions pendant une année. Quel que soit le type de culture, les traitements réalisés pendant la période d'inter-culture (entre la récolte du précédent et la mise en culture) sont pris en compte.

3) Agrégation et segmentation de l'IFT

3.1) Agrégation spatio-temporelle

a) Agrégation spatiale

L'objectif de l'agrégation spatiale est d'obtenir un IFT représentatif d'un ensemble d'unités spatiales. Il peut s'agir d'un ensemble des parcelles engagées dans une démarche de réduction de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques, de l'ensemble des parcelles d'une exploitation, d'un groupe d'exploitations, d'un territoire, d'une région ou bien même au niveau national. Quel que soit le niveau d'agrégation, le principe est le même. L'IFT correspond à une moyenne pondérée des IFT Unité spatiale.

Lorsque l'IFT Unité spatiale est connu pour chaque unité de l'ensemble, alors la pondération se fait par la surface de l'unité. C'est par exemple de cette manière que sont déterminés les IFT des parcelles engagées en MAEC, ou bien les IFT exploitants du réseau de ferme Dephy.

$$IFT_{\text{Exploitation}} = \frac{\sum_{\text{Parcelles de l'exploitation}} (IFT_{\text{Parcelle}} \times \text{Surface}_{\text{Parcelle}})}{\sum_{\text{Parcelles de l'exploitation}} \text{Surface}_{\text{Parcelle}}}$$

Équation 4 : équation d'un IFT déterminé à l'échelle de l'exploitation.

Lorsque l'IFT Unité spatiale n'est connu que sur certaines unités de l'ensemble, alors la pondération se fait par un coefficient d'extrapolation, qui reflète la part de l'ensemble représentée par l'unité. C'est par exemple de cette manière que sont déterminés les IFT régionaux dans le cadre des enquêtes « Pratiques culturelles ».

a) Agrégation temporelle

La base temporelle de l'IFT est le plus souvent la campagne culturale. Il est cependant également possible d'agréger les IFT sur plusieurs campagnes culturales. Dans ce cas, l'IFT de la période correspond à la moyenne des IFT obtenus pour chaque campagne culturale compris dans la période de temps considérée. Par exemple, dans le cadre du réseau de fermes Dephy, pour les cultures assolées, l'IFT du système de culture se définit comme la moyenne des IFT annuels des différents termes de succession culturale. Dans le cadre des MAEC, à partir de la troisième année d'engagement, une moyenne de plusieurs IFT annuels est considérée afin d'évaluer le respect des objectifs de réduction.

Cette approche permet de tenir compte de la variabilité des conditions climatiques et de la pression des ravageurs au cours du temps et de rendre en conséquence l'indicateur moins fluctuant en cas de conditions particulières une année donnée.

3.2) Segmentation

L'objectif de la segmentation est de distinguer les IFT selon différents critères. Les principales segmentations actuellement utilisées dans les politiques publiques sont décrites ci-dessous.

a) Typologie des segmentations**· Type de culture**

Il est possible de définir des IFT propres à chaque type de culture (blé, colza, tomate, pomme, etc...) ou par groupe de cultures (grandes cultures, viticulture, arboriculture, cultures légumières, autres (horticulture, plantes à parfum, aromatique et médicinale (PPAM), cultures tropicales) présentes sur l'exploitation ou au niveau d'un territoire ou d'une région. Ce type de segmentation est en particulier utilisé pour estimer les valeurs de référence au niveau régional et national à partir des données issues des enquêtes « pratiques culturelles ».

· Type de traitement

Il est possible de définir des IFT propres à chaque type de traitement. Actuellement, la distinction est principalement faite entre les traitements de semence et les traitements au champ.

· Type de produit

Il est possible de faire la distinction entre les produits de biocontrôle, qui font intervenir des mécanismes naturels, des autres produits. Dans certaines actions publiques, en particulier en MAEC, les objectifs de réduction de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques ne portent pas sur les produits de biocontrôle. La liste des produits de biocontrôle est fournie avec la liste des doses de référence à utiliser pour le calcul de l'IFT.

· Catégorie d'usage

Il est également possible de définir des IFT propres à quelques grandes catégories d'usage définies selon la fonction des produits phytopharmaceutiques. Dans le cadre des IFT, on distingue généralement :

- les herbicides : permettent de détruire les mauvaises herbes ;
- les insecticides (y compris acaricides et nématicides) : permettent de lutter contre les insectes, tels que les pucerons ;
- les fongicides (y compris les bactéricides) : traitent les cultures contre les maladies dues aux champignons microscopiques ;
- les autres produits, tels les régulateurs de croissance, qui modifient la morphologie de la plante et évitent aux cultures de casser ou ployer en limitant la pousse de la tige, et les molluscicides (contre les limaces).

Dans certaines actions publiques, les objectifs de réduction des utilisations de produits phytopharmaceutiques sont différents selon la catégorie d'usage. Par exemple, dans le cadre de la MAEC « systèmes de grandes cultures », l'objectif de réduction des herbicides est fixé à 30 ou 40 % en dernière année d'engagement, tandis que l'objectif de réduction des autres produits phytopharmaceutiques est fixé à 35 ou 50 %.

La catégorie d'usage du produit, qui peut varier selon la cible visée par le traitement, est fournie avec la liste des doses de référence à utiliser pour le calcul de l'IFT.

b) Calcul de l'IFT par segment

L'IFT du segment se détermine au niveau de la parcelle en ne considérant que les traitements correspondant aux caractéristiques du segment. Par exemple pour un IFT herbicide, il n'est tenu compte que des traitements herbicides. Il peut être ensuite agrégé à une

échelle plus large, selon la méthodologie décrite au paragraphe « agrégation spatiotemporelle ».

4) Comparaison à une référence

L'IFT peut être utilisé pour objectiver l'évolution des pratiques vers une réduction ou gestion optimisée de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques. Dans ce cas, l'IFT est comparé à une référence. Il peut s'agir d'une référence « historique » (comparaison à un instant 0), d'une référence « collective » (comparaison aux pratiques du territoire) ou d'une référence « technique » (associée à un itinéraire technique ou un système de cultures).

4.1) Les différents types de référence

a) Référence « historique »

La référence historique correspond à un IFT déterminé au temps t_0 , par exemple, au démarrage d'une démarche individuelle (à l'échelle de l'exploitant), d'une initiative collective (à l'échelle d'un groupe d'exploitants) ou d'une action (à l'échelle d'un territoire) ou d'une politique publique (à l'échelle nationale) de réduction d'utilisation des produits phytopharmaceutiques. La comparaison à l'instant t_0 permet d'évaluer l'efficacité propre de la démarche entreprise et d'en quantifier les résultats.

b) Référence « collective »

La référence collective correspond à un IFT déterminé sur la base des pratiques observées à l'échelle d'un territoire ou d'une région voire à l'échelle nationale. A l'échelle d'un exploitant ou d'un groupe d'exploitants, la comparaison à ce type de référence permet de situer ses pratiques par rapport à celles des autres exploitants. Ce type de référence est retenue dans plusieurs actions publiques, notamment les MAEC, afin d'encourager collectivement la réduction des utilisations de produits phytopharmaceutiques.

c) Référence « technique »

La référence « technique » correspond à un IFT associé à une méthode, un itinéraire technique ou un système de cultures économes en produits phytopharmaceutiques. A l'échelle d'un exploitant, la comparaison à ce type de référence permet d'évaluer si les potentialités d'une technique sont atteintes ou si des marges de progrès sont encore possibles. Les référentiels de la protection intégrée des cultures développés dans le cadre du plan Ecophyto pourraient être utilisés en ce sens.

4.2) Modalités de calcul

La comparaison à la référence peut s'exprimer de deux manières :

- $(IFT \text{ calculé} / IFT \text{ de référence}) \times 100$: permet de mesurer l'effort réalisé en absolu par rapport à la référence ;
- $(1 - IFT \text{ calculé} / IFT \text{ de référence}) \times 100$: permet de mesurer l'effort réalisé en termes de réduction de la référence.

Par exemple, considérons un IFT de référence de 9,4 et un IFT obtenu à l'issue d'efforts de réduction à 7,3 : l'IFT obtenu représente 78 % de l'IFT de référence. L'effort réalisé représente une baisse de 22 % de l'IFT de référence.

Les pressions phytosanitaires

Selon BOUSSIER (2015), l'indice de pression phytosanitaire (IPP) se calcule à partir de deux données : les Indices moyens de Fréquence de Traitement (IFT) (calculés par type de culture sur l'ensemble du territoire) et les surfaces de chaque famille de cultures issues du recensement agricole, de la manière suivante :

$$IPP = \frac{IFT(\text{culture 1}) * SAU(\text{culture 1}) + IFT(\text{culture 2}) * SAU(\text{culture 2}) + \dots + IFT(\text{culture n}) * SAU(\text{culture n})}{\text{Surface du bassin versant}}$$

Ainsi, selon la note de chambre de l'agriculture et de la DAAF, (2013), l'indice de pression phytosanitaire d'une culture est donné par la formule suivante :

$$IPP_{\text{culture } i} = \frac{IFT_{\text{culture } i} \times SAU_{\text{culture } i}}{SAU_{\text{territoire}}}$$

D'après cette formule, quatre(4) catégories ont été créées à partir des valeurs d'IPP obtenues pour caractériser la pression phytosanitaire (BOUSSIER, 2015):

Tableau 2 :Catégories de pression phytosanitaire

Pression	IPP
Faible	< 0,7
Modérée	[0,7 ; 1,4[
Forte	[1,4 ; 2,1[
Très forte	> 2,1

Partie Expérimentale

CHAPITRE I
METHODOLOGIE ET
CADRE D'ETUDE

1. METHODOLOGIE DE RECHERCHE

1.1. Les objectifs du travail

La recherche sur l'évaluation de la pression phytosanitaires sur l'environnement nécessite une analyse multi-échelle centrée sur les aspects écologiques, économiques et sociaux. Ainsi, les objectifs assignés au présent travail consistent en :

- La connaissance des systèmes de production agricole par la description statistique des exploitations agricoles.
- l'évaluation de la pression phytosanitaires sur l'environnement des exploitations agricoles plasticulture de la plasticulture dans la région d'El Oued par l'indicateur de fréquence de traitements phytosanitaires IFT (MAA, 2018) et l'indice de pression phytosanitaire sur l'environnement IPP (DAAF, 2013).

1.2. Méthodologie de l'étude

La démarche méthodologique adoptée pour réaliser cette étude s'appuie sur trois étapes principales (Figure 2).

La première étape consiste à recueillir les informations nécessaires auprès des différents organismes agricoles (DSA, chambre d'agriculture, subdivisions agricoles et délégations communales) pour établir un échantillonnage représentatif de la région d'étude.

La deuxième étape est la réalisation de l'enquête auprès des agriculteurs. Cette étape consiste à collecter les informations nécessaires pour évaluer la pression phytosanitaires sur l'environnement grâce à un questionnaire inspiré du guide de l'indicateur IFT.

La dernière étape consiste en le dépouillement des données et le traitement statistique de façon à établir une description statistique et diagnostic des exploitations étudiées et à évaluer leurs pratiques phytosanitaires sur l'agroenvironnement saharien.

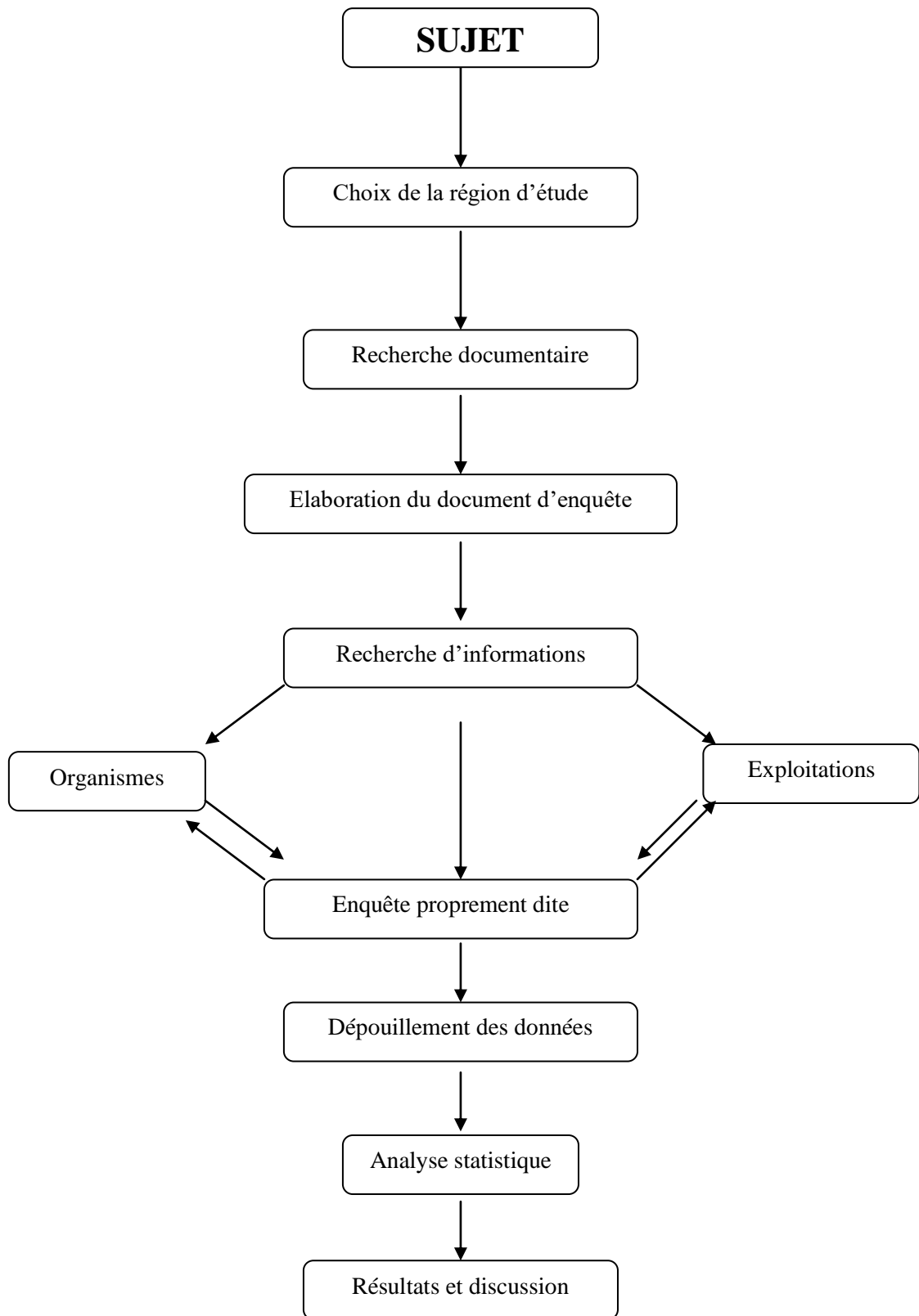


Figure 2 : Schéma méthodologique de l'étude.

1.2.1. Choix de la région d'étude

Le choix de la région d'El Oued est lié à l'importance du secteur agricole dans cette région saharienne. L'activité agricole se caractérise par une diversité des cultures et avec une prédominance des cultures maraichères plasticulture.

1.2.2. Choix de l'échantillon

Le choix de l'échantillon de notre étude (15 exploitations) repose sur les critères suivants :

- l'existence d'une diversité de production au sein de l'exploitation.
- l'accessibilité, la disponibilité et la coopération de l'agriculteur,
- la disponibilité de l'information,

La liste des agriculteurs à enquêter n'est pas préalablement préparée : le choix des communes d'enquêtes est fonction des possibilités d'accès (disponibilité des moyens de transport). Arrivé à la commune, les sites d'enquêtes sont choisis en collaboration avec le délégué communal ou les personnels de la subdivision agricole.

1.2.3. Elaboration du questionnaire

Le questionnaire (Annexe1) constitue un outil indispensable pour recueillir les informations nécessaires à la fois pour la description statistique des exploitations enquêtées et l'évaluation de leur pratique phytosanitaire. Il comporte des questions qui abordent les thèmes suivants :

- L'identification de l'exploitation.
- La situation de l'exploitation au moment de l'enquête.
- Les pratiques et la gestion des ressources naturelles.

1.2.4. Les enquêtes

Les enquêtes ont été réalisées sous forme d'entretiens avec les agriculteurs. Le manque d'informations a été comblé par les observations enregistrées lors des visites aux différentes exploitations à chaque fois que cela a été possible. Ces enquêtes se sont déroulées sur trois mois (mars 2018 jusqu'au mai 2018).

1.3. ANALYSE DES DONNEES

1.3.1. L'organisation des données

L'analyse des données, effectuée à l'aide des logiciels XL Stat version 13 a été réalisée en plusieurs étapes. Tout d'abord, la saisie des données du questionnaire a été faite à l'aide d'une base de données construite sur un fichier EXCEL ce qui a permis la construction des fichiers de calcul de la description structurelle et de la diversité pour les exploitations.

Le premier tableau (Annexe1) porte sur le questionnaire , (Annexe2) tableau global des données , (Annexe 3) arbres des attributs de la méthode IBEA des exploitations enquêtées.

1.3.2. Evaluation de la pression phytosanitaire de la plasticulture sur l'agroécosystème oasien

Pour évaluer de la pression phytosanitaire de la plasticulture sur l'agroécosystème oasien, on a procédé à une analyse, à base de statistiques sommaires, porte sur la description des exploitations agricoles, l'évaluation de l'IFT puis le calcul de la pression à l'aide de l'indice IPP des exploitations maraichères dans la wilaya d'El oued.

2. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

2.1. Situation géographique

La Wilaya d'El-Oued qui occupe une superficie de 44.586,80 km², soit un taux de 1,87 % de la superficie du territoire (DSA, 2007) est limitée par

- La Wilaya de Tébessa au Nord-Est.
- La Wilaya de Khenchela au Nord.
- La Wilaya de Biskra au Nord-Ouest.
- La Wilaya de Djelfa à l'Ouest.
- La Wilaya de Ouargla à l'Ouest et le Sud.

Elle est aussi frontalière avec la Tunisie sur une distance de 300 km environ. La Wilaya d'El-Oued est composée de 30 communes et 12 Daïras e tableau (3) liste les stations de distribution de l'échantillon des exploitations enquêtées.

Tableau 3: stations d'enquête.

Communes	Nombre d'exploitations
Sidi AOun	02
Guemar	01
Magrane	03
Hassi Khalifa	02
Nekhla	02
Hassani abde el kerim	03
Debila	01
Robbah	01

2.2. Le milieu physique

2.2.1. Les reliefs

La configuration du relief de la Wilaya se caractérise par l'existence de trois grands ensembles à savoir :

- **Région du Souf** : Une région sableuse qui couvre la totalité du Souf, d'Est et Sud.
- **Erg** : « Erg: une région sableuse couvrant 3/4 de la superficie de Souf, située sur la ligne Est – Ouest, à une hauteur de 80m à 120m, connue sous le nom de Grand Erg Oriental. » **Oued Righ** : Une forme de plateaux rocheux qui longe la route nationale n°3 à l'Ouest de la Wilaya et s'étend vers le Sud.
- **Région de dépression** : C'est la zone des Chotts ; elle est située au Nord de la Wilaya et se prolonge vers l'Est avec une dépression variante entre -10 et -40m et parmi les chotts connues, il y'a Milghigh et Merouane, auprès de la route nationale n°48 qui traverse les communes de Hamraia et Still (**DSA, 2007**).

➤La bande frontalière

Elle est constituée par la Daïra de Taleb-Larbi qui compte trois communes : Taleb-Larbi, Douar El-Ma et Ben-Guecha. Cette Daïra couvre une superficie de 21.569,60 km² soit 48% du territoire de la Wilaya pour une population de 31.876 habitants (estimation de 2006), soit une densité de 1,5 habitants au km². Cette zone est constituée d'une plaine recouverte d'alluvions et d'une importante zone de parcours (**DSA, 2007**).

2.2.2. Le sol

Les types de sols de la région sont constitués surtout par une seule formation d'apport éolien avec des caractères d'halomorphie et d'hydromorphie. La salinité des sols est fortement liée à la présence d'une nappe à faible profondeur. Ainsi, presque tous les sols halomorphes de la région se situent dans des dépressions où la nappe est proche de la surface du sol à une profondeur inférieure à 2 mètres. La cause de ce phénomène s'explique par l'ascension capillaire et les pertes par évaporation. Sur le terrain, la salinité se traduit par une végétation de type halophile et le plus souvent par l'apparition d'efflorescences salines blanchâtres en surface. La texture grossière empêche le développement de la structure. Il y a cependant une légère tendance à la structure massive, particulaire et fondue. La faible capacité totale d'échange et les fortes teneurs en calcium (carbonate de calcium et gypse) empêchent l'alcalinisation du complexe absorbant (DSA, 2007).

2.2.3. Les ressources hydriques

La région d'El Oued est située dans le bas Sahara au centre d'une grande cuvette synclinale dans laquelle nous pouvons distinguer trois nappes d'eau souterraine :

- la nappe phréatique proprement dite ;
- le Complexe Terminal (CT) ;
- le Continental Intercalaire (CI).

Traditionnellement, les populations utilisent rationnellement les ressources que lui offraient les nappes phréatiques du Souf. La région ne connaissait en effet qu'une faible implantation humaine et il n'y avait donc pas de déséquilibre sur ce plan-là.

Les pratiques agricoles se limitaient à la technique des ghouts (vastes entonnoirs creusés par la main de l'homme) au fond desquels étaient plantées des palmerais. Les palmiers dattiers n'avaient alors qu'à puiser l'eau nécessaire directement dans la nappe phréatique, la surface de celle-ci étant facilement accessible à leur système racinaire.

Vers la fin du 19^{ème} siècle, on observe une sensible baisse du niveau statique de la nappe vraisemblablement due à l'augmentation des besoins en AEP de la population résidente sans cesse croissante, à l'extension des cultures et à son irrigation par de nombreux puits artisanaux.

C'est alors par l'accroissement des besoins de la ressource que l'on a recherché d'autres solutions et que l'on s'est tourné vers de nouvelles ressources en eau pour mettre en

pratique certaines techniques modernes d'irrigation. On a donc eu recours aux nappes captives profondes, l'artésianisme local de celles-ci a par ailleurs rendu l'exploitation de cette eau facile. Des forages profonds, atteignant les nappes d'eaux souterraines, des niveaux captifs du complexe terminal et du continental intercalaire ont été réalisés (**Arami, 2008**).

On distingue trois types de nappe d'aquifères à Oued Souf :

- La nappe phréatique située entre 0 à 60 m de profondeur (1ère nappe).
- Le complexe terminal situé entre 220 à 600 m de profondeur (2ème nappe).
- Le continentale intercalaire ou "Albien" situé entre 1800 et 2000 m de profondeur (3^{ème} nappe) (**DSA, 2007**).

Les potentialités hydrauliques existantes, le taux de mobilisation des eaux, les eaux exploitées, l'approvisionnement en eau potable et l'irrigation sont résumés dans les tableaux 2 et 3 (**DSA, 2007**).

Le service de distribution d'eau potable connaît toutefois de nombreuses insuffisances : réseau vétuste, branchements illicites, absence de compteurs d'eau, utilisation de l'eau pour l'arrosage des jardins. L'ensemble de ces insuffisances génère des pertes et des gaspillages aggravant l'alimentation de la nappe phréatique (**Arami, 2008**).

2.2.4. Le climat

Le climat de la région est de type saharien caractérisé par un été chaud et sec où la température peut atteindre 35°C et un hiver doux. Les principales contraintes climatiques restent la fréquence régulière des vents et leur violence connue sous le nom de Sirocco ainsi que des vents de sables durant le printemps.

Le Souf est compris entre les isohyètes 100 mm et 50 mm ; la moyenne annuelle des pluies à El Oued est de 80 mm. La répartition saisonnière est extrêmement variable ; le Souf se trouve dans la zone des pluies ayant le maximum principal en automne. La pluie ne tombe que quelques jours par an, laissant une longue période estivale complètement sèche.

Cependant, les pluies peuvent tomber à torrent pendant quelques heures, ce qui provoque des dégâts et des effondrements (avril 1947 et mai 1967).

Le maximum des précipitations annuelles est de 160 mm, le minimum est 19 mm. La moyenne du nombre de jours de pluie est de 17. Le volume des pluies utiles, c'est-à-dire dépassant 5 mm, atteint 67%, et la fréquence des jours de pluies utiles est 22% (**Arami, 2008**).

CHAPITRE II
RESULTATS ET
DISCUSSION

1. Organisation des exploitations agricoles

1.1. Description des données générales

L'analyse descriptive (moyenne, écart type, minimum, maximum) des variables sont résumées dans les tableaux 4 et 5.

Tableau 4 : Les variables retenues pour l'analyse.

Libellé de la variable	Désignation	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
SAT (ha)	Surface agricole totale	24.67	45.84	1	160
SAU (ha)	Surface agricole utile	23.50	45.21	1	160
AG (ans)	Age des exploitants	40.07	12.11	27	70
UTH (Nb)	Unité de travail humain	5.40	4.05	1	15
CMAR (ha)	Cultures maraichères	1.72	5.62	0.03	22
NSERR	Nombre de serres	7.33	5.09	1	20

Tableau 5: Matrice (Coef. de corrélation de Pearson) de corrélations entre variables étudiées.

	SAT	SAU	AG	UTH	CMAN	NSERR
SAT	1.000	0.999	0.385	0.730	0.826	0.554
SAU	0.999	1.000	0.364	0.717	0.843	0.572
AG	0.385	0.364	1.000	0.441	0.001	0.317
UTH	0.730	0.717	0.441	1.000	0.322	0.211
CMAN	0.826	0.843	0.001	0.322	1.000	0.678
NSERR	0.554	0.572	0.317	0.211	0.678	1.000
<i>En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0.050 (test bilatéral)</i>						

1.2. Statut juridique

L'échantillon d'étude comprend 15 exploitations privées.

1.3. Age des agriculteurs

L'âge des agriculteurs varie entre 27 et 70 ans avec une moyenne de 40.07 ans.

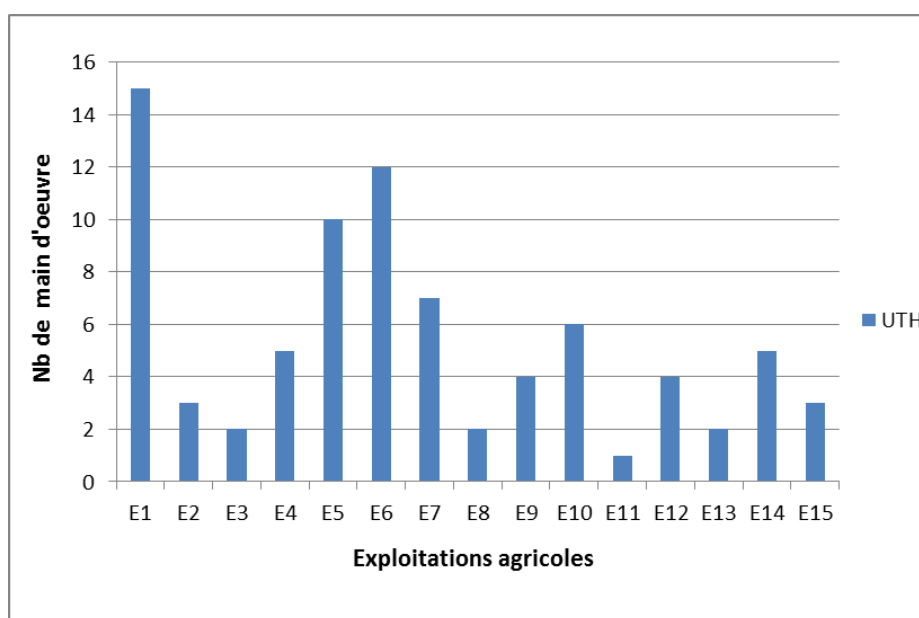
L'analyse de cette variable montre que les jeunes (< 40ans) représentent que 46.66 % des agriculteurs contre 26.66 % ayant plus de 40 ans. En plus, 13.33% des enquêtés ont un âge supérieur à 60 ans. (tableau6).

Tableau 6 : Age des exploitants

Classe d'âge	Nombre des exploitants	Pourcentage (%)	Moyenne (an)
< 30	2	13.33	40.07±12.11
30_39	7	46.66	
40_49	4	26.66	
50_59	0	0	
≥ 60	2	13.33	

1.4. Main d'œuvre

Les exploitations enquêtées sont toutes du type familial. Bien qu'elles soient du statut familial, les exploitations recrutent une importante main d'œuvre salariale (5.40). En réalité, cette force de travail est fortement corrélée à la SAT ($r^2=0,73$ et à la SAU ($r^2=0,72$) (Tableau 5 et Figure 3).

**Figure3:** la main d'œuvre

1.5. Surface agricole utile (SAU)

La moyenne de la SAU s'établit à 23.50±45.21 ha pour l'ensemble des exploitations. Les écarts de moyenne sont importants ce qui reflète une large variabilité entre les exploitations. En fait, l'analyse de la taille des exploitations selon leur SAU fait apparaître 4

classes. Ainsi, 79.99% des exploitations sont de très petites tailles, petites tailles. Seulement 13.33 % d'entre eux sont moyennement grande et 6.66% sont grandes. La SAU est hautement corrélées à la SAT ($r^2= 0.99$), aux cultures maraichères CMAR ($r^2=0,84$), à la main d'œuvre UTH ($r^2= 0,72$) et au nombre de serres ($r^2= 0,57$). (Tableau5, 7)

Tableau 7: Distribution des exploitations agricoles par classe de la SAU.

Taille	Classe	Effectif	Pourcentage(%)	Moyenne
Très petite	SAU≤5	8	53.33	2.19±1.33
Petite	5 <SAU≤10	4	26.66	8.25±2.06
Moyennement petite	10 < SAU≤25	0	0	0±0.0
Moyenne	25 < SAU≤40	0	0	0±0.0
Moyennement grande	40 < SAU≤100	2	13.33	71±29.70
Grande	SAU>100	1	6.66	160±0
Moyenne totale	2.5 à 60	15	100	23.50±45.21

1.6. Spéculations végétales

la répartition spéculations végétales dans les exploitations enquêtées laisse apparaître la contribution des cultures maraichères à la SAU avec 7.32%. L'irrigation concerne toutes les cultures.

Les cultures maraichères sont fortement corrélées à la SAU ($r^2=0.84$), à la SAT ($r^2=0.83$) et au nombre de serres ($r^2=0.68$).

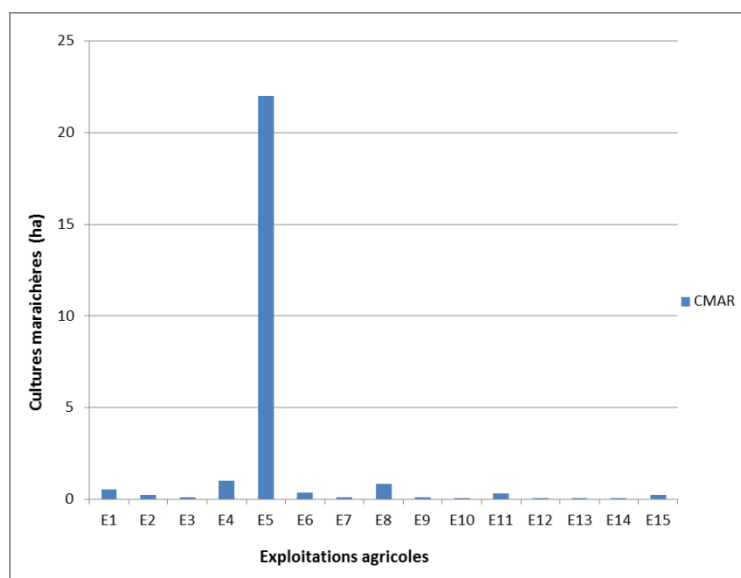


Figure 4: Les cultures maraichères.

1.7. Le nombre de serres

La moyenne de nombre de serres s'établit à 7.33 ± 5.09 ha pour toutes les exploitations. Les écarts de moyenne sont importants ce qui reflète une large variabilité entre les exploitations concernant la répartition du nombre de parcelles.

En fait, le nombre de serres est fortement corrélé aux cultures maraichères ($r^2=0.68$), à la SAU ($r^2=0.57$) et à la SAT ($r^2=0.55$).

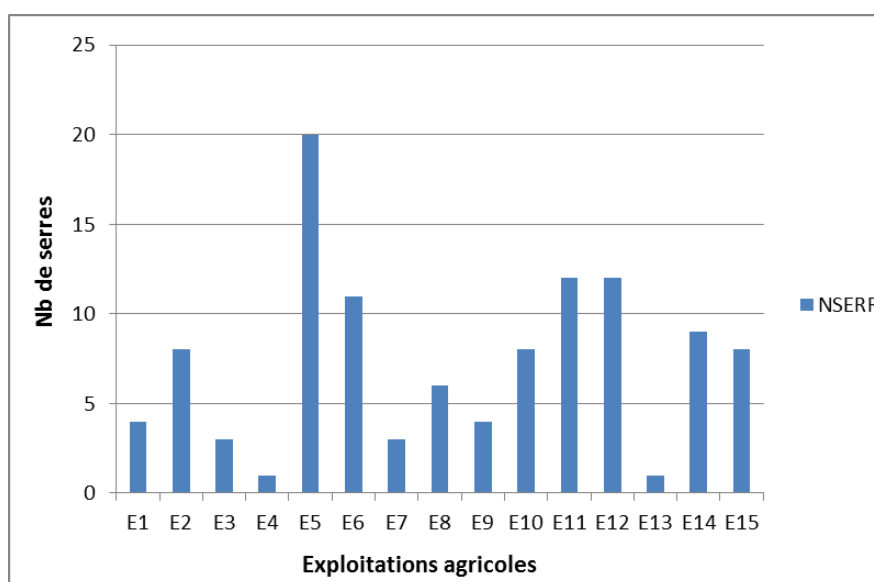


Figure 5 : Distribution du nombre de serres.

2. Evaluation de la pression phytosanitaire de la plasticulture sur l'agroécosystème oasien

Après l'application des calculs d'IFT indiqués dans la méthodologie sur les résultats de l'enquête aléatoire de 15 exploitations, nous avons trouvé les valeurs détaillées indiquées au tableau 9.

2.1. Calcul de l'indicateur de fréquence de traitements phytopharmaceutiques (IFT)

2.1.1. Résultats par station

Les calculs IFT ont été appliqués à l'échelle de chaque station (Figure 6) pour montrer la pression engendrée par les pesticides appliqués sur l'environnement de chaque station, ces résultats montrent un IFT moyen pour toutes les stations de 21.06 ± 8.99 où les stations ST8 et ST5 enregistrent les moyennes les plus élevées : 35.86 ; 35.71 respectivement.

L'IFT moyen le plus bas s'établit à 10.38 pour la station ST4.

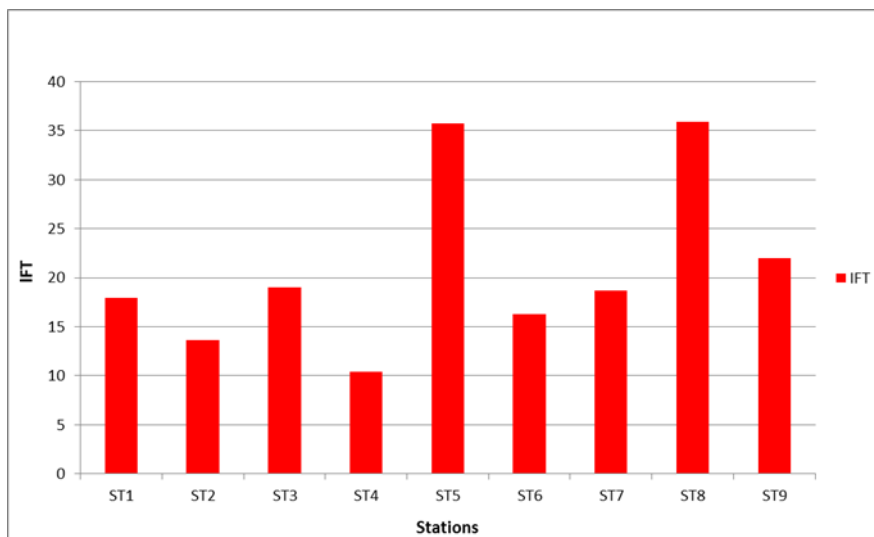


Figure 6 : Valeurs moyens d'IFT par station.

2.1.2. Par exploitation

L'analyse des résultats d'IFT qui est indiquée dans le tableau 10 est illustrée sur la figure 16 où elle présente les valeurs d'IFT distribuées par exploitation obtenues pendant l'enquête dans la station correspondante (Figure 7).

Les exploitations E5 (ST8) et E6 (ST5) révèlent des IFT moyens très élevés de l'ordre de 35.86 et 35.71 respectivement. L'IFT moyen le plus bas est enregistré par les exploitations E13 (ST4) et E15 (ST2) : 8 et 8.66 successivement.

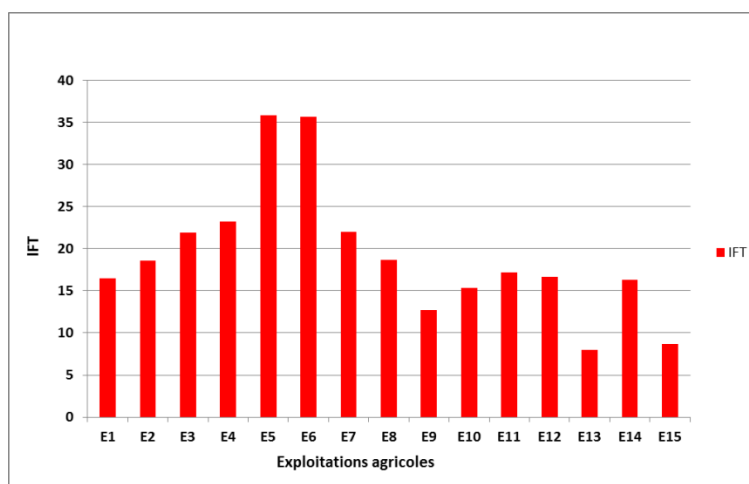


Figure 7 : Valeurs moyens d'IFT par exploitation agricole.

2.1.3. Par culture

L'analyse des résultats d'IFT qui est indiquée dans le tableau 8 est illustrée sur la figure 8 où elle présente les valeurs d'IFT distribuées par cultures obtenues pendant l'enquête dans l'exploitation correspondante.

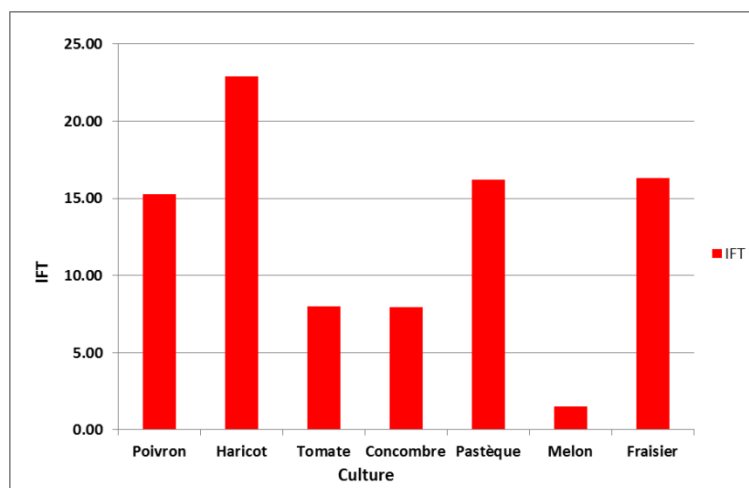


Figure 8 : Valeurs moyennes d'IFT par culture

Tableau 8 :IFT moyen par culture.

Culture	IFT moyen
Poivron	15.26
Haricot	22.89
Tomate	8.00
Concombre	7.95
Pastèque	16.21
Melon	1.50
Fraisier	16.30

D'après la figure 8, 9 et le tableau 8, on remarque la diversité des cultures dans les exploitations E8 , E7 , E2 et E15 . Aussi, on remarque que l'intensité d'utilisation des pesticides qui est représentée par IFT dans les cultures de Poivron, Haricot et concombre est souvent élevé, où le poivron enregistre le haut score au niveau de l'exploitation E5 (33.86 dont 0.25 sont des herbicides). L'exploitation E2 enregistre un score élevé pour la culture d'haricot (22.89 dont 8.78 sont des herbicides).

D'après la figure9, l'IFT moyen le plus élevé de cultures pour l'ensemble des exploitations est ramené aux cultures d'haricot, pastèque et poivron respectivement.

Par contre les cultures ayant des bas scores d'IFT sont signalés pour les cultures de melon, concombre et tomate et qui sont dû au fait que les agriculteurs ne s'éloignent pas de la dose homologuée.

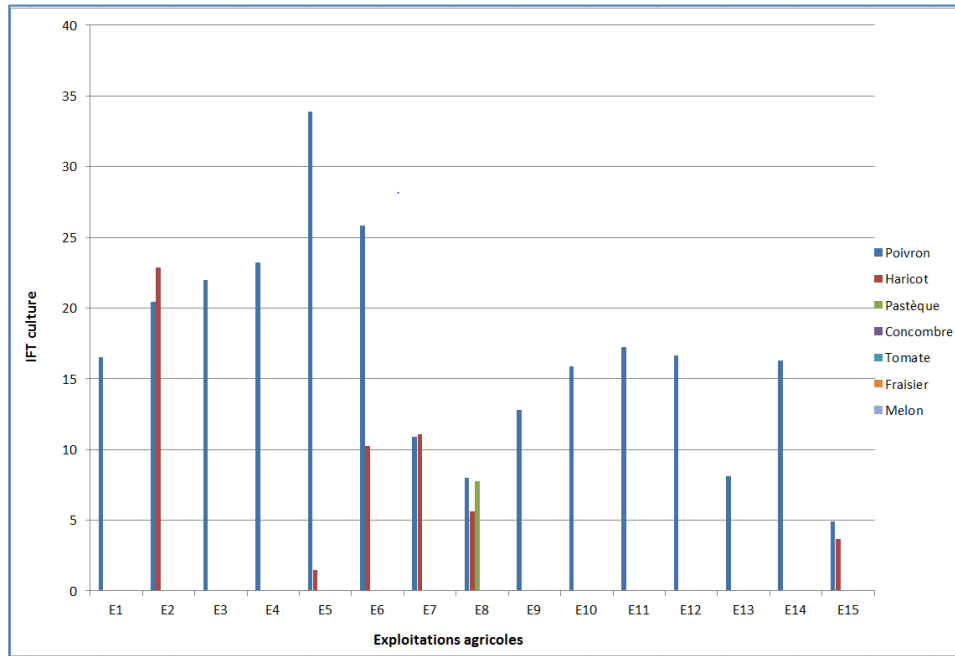


Figure 9: Valeurs d'IFT par culture-exploitation.

Tableau 9: IFT détaillé par cultures et par exploitation.

expl	Poivron			Haricot			Tomate			Concombre			Pastèque			Melon			Fraisier		
	IFT H	IFT HH	IFT TOTAL	IFT H	IFT HH	IFT TOTAL	IFT H	IFT HH	IFT TOTAL	IFT H	IFT HH	IFT TOTAL	IFT H	IFT HH	IFT TOTAL	IFT H	IFT HH	IFT TOTAL	IFT H	IFT HH	IFT TOTAL
E1	-	16.51	16.51	-	-	-	--	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	--	-	-	-
E2	6.61	13.81	20.42	8.78	14.11	22.89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E3	6	15.96	21.96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E4	-	-	-	-	-	-	-	--	-	-	-	-	-	23.23	23.23	-	-	-	-	-	-
E5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.25	33.61	33.86	0	1.5	1.5	-	-	-
E6	0.38	25.45	25.83	-	-	-	-	-	-	0.38	9.89	10.27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E7	-	10.91	10.91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	11.08	11.08	-	-	-	-	-	-
E8	-	-	-	-	-	-	0	8	8	-	5.62	5.62	0	7.76	7.76	-	-	-	-	-	-
E9	-	12.77	12.77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E10	0.42	15.43	15.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	17.21	17.21	-	-	-	-	-	-
E12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	16.66	16.66	-	-	-	-	-	-
E13	-	8.14	8.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	16.3	16.3
E15	-	4.93	4.93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	3.66	3.66	-	-	-	-	-	-

2.2. Calcul de l'indice de pression de traitements phytopharmaceutiques (IPP)

2.2.1. Par culture

Après la pondération des valeurs IFT_{cultures} de chaque station avec le ratio surface de culture sur la surface total de toutes les cultures, on a obtenu les valeurs de l'indicateur de pression phytosanitaire sur l'environnement (IPP). Les résultats sont représentés par la figure 10 et au tableau 10.

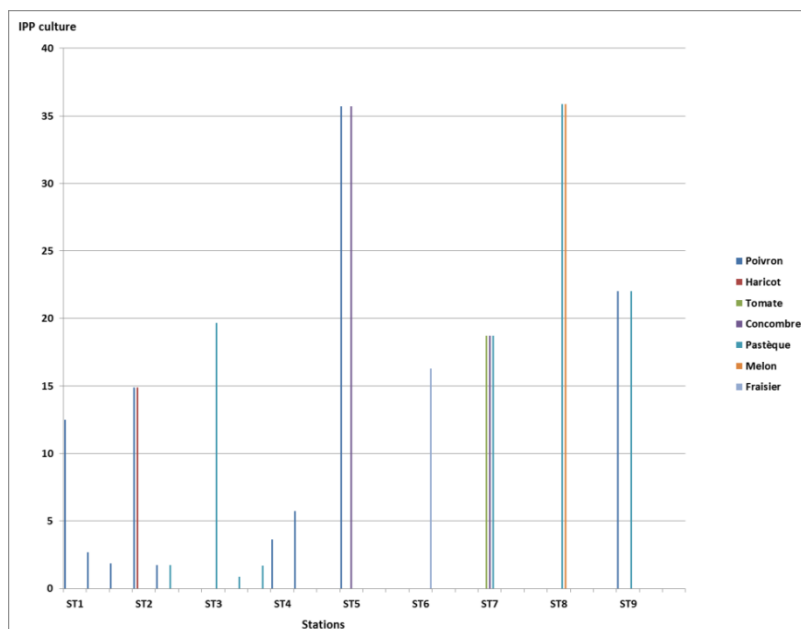


Figure10: Valeurs d'IPP par culture-station

Tableau 10: Les détails des valeurs IPP par station.

Culture/IPP_Station	ST1			ST2			ST3			ST4		ST5	ST6	ST7	ST8	ST9
Poivron	12.49	2.66	1.86	14.90	1.73	0	0	0	3.64	5.71	35.71	0	0	0	0	22.00
Haricot	0	0.00	0.00	14.90	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tomate	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	18.71	0	0	0
Concombre	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	35.71	0	18.71	0	0	0
Pastèque	0.00	0.00	0.00	0.00	1.73	19.69	0.87	1.69	0	0	0	0	18.71	35.86	22.00	0
Melon	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	35.86	0	0
Fraisier	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	16.30	0	0	0	0

Tableau 11: Les détails des valeurs IFT et IPP moyens par culture.

Culture	IFT	IPP moyen	Pression
Poivron	15.26	12.36	Très forte
Haricot	22.89	1.86	Forte
Tomate	8.00	2.34	Très forte
Concombre	7.95	6.80	Très forte
Pastèque	16.21	5.34	Très forte
Melon	1.50	4.48	Très forte
Fraisier	16.30	2.04	Forte

L'analyse de ces résultats montre une très forte pression de cultures sous abri où des valeurs maximales sont atteintes par les cultures du poivron, concombre et pastèque (Tableau 11).

En fait, la plupart des valeurs obtenues de l'IPP moyen des cultures dépassent largement la valeur 2.1 par conséquent la pression des phytosanitaires sur l'environnement est extrêmement forte.

Bien que deux autres cultures n'aient que des valeurs de pression forte en appartenant à l'intervalle $[1,4 ; 2,1[$: Tomate et fraiser.

Ces constats peuvent s'expliquer par la petitesse des parcelles traitées ainsi que par le nombre élevé de traitements.

La relation IFT-IPP est représentée par Tableau 11 et la figure 11 pour le poivron, le pastèque et le concombre telle qu'on remarque, les hautes valeurs d'IFT sont enregistrées à (ST8) et (ST5) ainsi les valeurs d'IPP restent élevées à ces deux stations et vont en baisse dans les autres stations en relation avec la surface cultivée.

En deuxième position à l'échelle de l'indicateur de pression phytosanitaire, le haricot ST2 par 1.86, ce score est éloigné des autres valeurs. Et à la troisième position, la tomate qui enregistre 2.34. Ces scores sont aussi dû à la relation surface-IFT-IPP.

2.2.2. Par station

Les calculs IFT ont été appliqués aussi globalement par station pour déterminer quelle station engendre une grande pression. Les résultats obtenus sont présentés au tableau 12 et à la figure 11:

Tableau 12: Les valeurs de l'IFT et l'IPP moyens par station.

Station	IFT	IPP moyen	Pression
ST1	17.91	5.67	Très forte
ST2	13.64	8.31	Très forte
ST3	19.02	7.42	Très forte
ST4	10.38	4.68	Très forte
ST5	35.71	35.71	Très forte
ST6	16.3	16.30	Très forte
ST7	18.71	18.71	Très forte
ST8	35.86	35.86	Très forte
ST9	22	22.00	Très forte

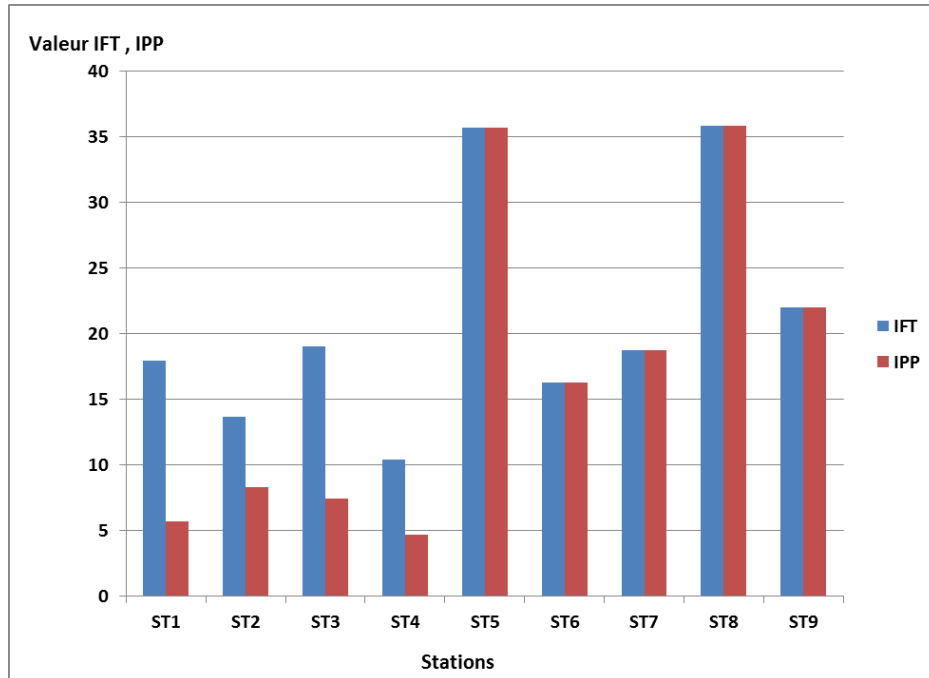


Figure11: comparaison entre les valeurs IFT station et IPP station.

D'après la comparaison des résultats , on s'aperçoit que la haute valeur d'intensité d'utilisation de pesticides aux stations ST5, ST6, ST7, ST8 et ST9 est combinée à une haute valeur de l'IPP.

Dans le reste des stations (ST1, ST2, ST3 et ST4), une nette différence est remarquée entre les valeurs IFT moyen et l'IPP moyen.

Discussion générale

L'Indicateur de Fréquence de Traitement (IFT) permet d'évaluer la « pression phytosanitaire » exercée sur chaque parcelle. **L'IFT est exprimé en « nombre de doses homologuées par hectare » appliquées sur la parcelle pendant une campagne culturale.** Cet indicateur peut être calculé pour un ensemble de parcelles, une exploitation ou un territoire, ou encore par grandes catégories de produits (notamment herbicides, insecticides, fongicides) (MAA, 2018).

Les IFT de référence par culture et par région (IFT culture/région) sont des données de base indispensables à la définition des IFT de référence agrégés (pour différentes cultures sur un territoire donné) pour les MAET.

Ces références régionales sont issues des enquêtes statistiques « Pratiques Culturelles ». L'IFT culture/région de référence correspond au 70ème percentile dans la distribution des IFT pour la culture et la région considérée. La référence est donc fixée au niveau des pratiques les plus courantes pour la culture dans la région considérée (70% des surfaces ont un IFT inférieur ou égal à l'IFT culture/région).

Dans le cas présent, on a calculé et évalué l'IFT au niveau de station, exploitation et culture(parcelle).

Vu qu'il n'y a pas des enquêtes sur « les pratiques culturelles » publiées officiellement, on n'a pas pu trouver un IFT de référence par lequel on compare nos résultats alors que dans la littérature scientifique, ces références régionales de l'IFT sont variables selon la région et la culture considérée.

Pour valoriser l'indicateur IFT, on a procédé à son intégration dans un autre indicateur d'évaluation de la pression phytosanitaire sur l'environnement (IPP).

Les valeurs moyennes de l'IFT obtenues sont, en général, élevées par rapport à celles exigées dans les mesures agroenvironnementales (MAE) en Europe.

Quant aux pratiques phytosanitaires de nos exploitations agricoles et notamment maraichères, on constate un usage excessif des produits phytopharmaceutiques sur des surfaces trop réduites d'où une élévation de l'indice de traitement calculé au niveau de ces exploitations enquêtées. Par suite, une pression très forte de l'emploi des substances actives sur l'agroécosystème est engendrée(IPP trop élevé).

Conclusion générale

L'évaluation de la pression phytosanitaire de la des Exploitations Agricoles dans de la région du Souf montre une grande diversité de résultats quels que soient le type d'exploitations ou la culture donnée. En fait, les résultats relatifs à l'évaluation de la pression phytosanitaire sur l'environnement oasien permettent de mettre en évidence un niveau très fort à fort de pression au niveau de la culture considérée, l'exploitation enquêtée et la station agrégée.

L'analyse approfondie montre le rôle déterminant des pratiques culturelles de phytosanitaires dans l'acquisition de fortes pression sur l'écosystème et en conséquence des forts impacts négatifs sur l'environnement dans la localité enquêtée du Souf.

Appliquée au contexte saharien, les indicateurs de pression (IFT, IPP) montrent un niveau d'adaptation acceptable pour évaluer la pression d'usage des pesticides sur l'environnement compte tenu de la pertinence exprimée par les différentes modalités d'application et calcul.

Néanmoins, des limites d'application ont été constatées. Ainsi, certains aspects apparaissent entièrement impertinents au contexte saharien et d'autres semblent influencés par le tempérament de l'agriculteur ou la connaissance de l'enquêteur.

L'indicateur IFT est un réel outil d'évaluation de fréquence de traitements phytosanitaires et de pression sur l'environnement pour mettre en exergue certaines composantes de l'évaluation complexe de pression. Ce travail constitue une étape primordiale dans l'évaluation des pratiques phytosanitaires maraichères et leurs pressions sur l'agroenvironnement saharien du Souf.

Ainsi, il serait intéressant que des travaux ultérieurs soient nécessaires à la mise au point d'un guide de bonnes pratiques phytosanitaires de la plasticulture issu des travaux d'expertise en évaluation environnementale qui prennent en considération les remarques signalées dans l'analyse critique de l'indicateur IFT pour devoir concevoir un outil d'évaluation des pratiques phytosanitaires des exploitations agricoles plus adapté qui correspond au contexte saharien en Algérie.

Références
Bibliographiques

1. A.Conrad, O. Dedourge, R. Cherrier, M. Couderchet et S. Biagianti, «Leaching of terbumeton and terbumeton-desethyl from mini-columns packed with soil aggregates in laboratory conditions,» *Chemosphere*, n°65, pp. 1600-1609, 2006.
2. L. McCormack, M. Thiruchelvam, A. B. Manning-Bog, C. Thiffault, J. W. Langston, D. A. Cory-Slechta et D. A. Di Monte, «Environmental risk factors and Parkinson's disease: selective degeneration of nigral dopaminergic neurons caused by the herbicide paraquat,» *Neurobiol. Dis.* , vol. 10, n°2, pp. 119-27, 2002.
3. Arami, Soumia,(2008), Analyse de la vulnérabilité des nappes aquifères de la région de Oued Souf entre le phénomène de la remontée des eaux et l'impact du développement urbain. Magister Sciences de la terre. Université El Hadj Lakhdar de Batna,2008.-146p.
4. A.Siczec, U. Kotowska, J. Liepec et A. Nosalewicz, «Macro-porosity and leaching of atrazine in tilled and orchard loamy soils,» *Chemosphere*, n°70, pp. 1973-1978, 2008.
5. A.Walker, M. Rodriguez-Cruz et M. Mitchell, « Influence of ageing of residues on the availability of herbicides for leaching,» *Environ. Pollut.*, n°133, pp. 43-51, 2005.
6. A.Hildebrandt, S. Lacorte et D. Barceló, «Occurrence and Fate of Organochlorinated Pesticides and PAH in Agricultural Soils from the Ebro River Basin,» *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* ., vol. 57, n°2, pp. 247-255, 2009.
7. A.Cohn, «Developmental and environmental origins of breast cancer: DDT as a case study,» *Reprod. Toxicol.*, vol. 31, pp. 302-311, 2011.
8. A. Cohn, «Developmental and environmental origins of breast cancer: DDT as a case study,» *Reprod. Toxicol.*, vol. 31, pp. 302-311, 2011.
9. A.Cooper, «Central and North West Regions Water Quality Program 1995/1996. Report on Pesticide Monitoring,» Department of Land & Water Conservation, Sydney, Australia, 1996.
10. Gevao, C. Mordaunt, K. T. Semple, T. G. Pearce et K. C. Jones, «Bioavailability of nonextractable (bound) pesticide residues to earthworms,» *Environmental Science & Technology*, vol. 35, n°3, pp. 501-507, 2000.

11. Cooper, «Central and North West Regions Water Quality Program 1995/1996. Report on Pesticide Monitoring,» Department of Land & Water Conservation, Sydney,
12. Australia, 1996.
13. A. Brittain, M. Vighi, R. Bommarco, J. Settele et S. G. Potts, « Impacts of a pesticide on pollinator species richness at different spatial scales,» *Basic and Applied Ecology* , vol. 11, n°2, pp. 106-115, 2010.
14. C. Russell et C. B. Schultz, « Effects of grass-specific herbicides on butterflies: an experimental investigation to advance conservation efforts,» *Journal of Insect Conservation* , vol. 14, n°1, pp. 53-63, 2009.
15. C. Gigliotti et L. Allievi, «Differential effects of the herbicides Bensulphuron and Cinosulphuron on soil microorganisms,» *Journal of Environmental Science and Health*,
16. C. Beigel et L. Di Pietro, «Transport of tritoconazole in homogeneous soil columns: Influence of non equilibrium sorption,» *Soil Science Society of American Journal*, vol. 63, p. 1077-1086, 1999.
17. C. G. Enfield et S. R. Yates, «Organic chemical transport in groundwater,» chez *Pesticides in the soil environment: Processes, impacts, and modeling*, H. Cheng, Éd., Madison, Wis., Soil Science Society of America, 1990, pp. 271-302.
18. E. Glotfelty, M. M. Leech, J. Jersey et A. W. Taylor, «Volatilization and wind erosion of soil surface applied atrazine, simazine, alachlor and toxaphene,» *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 37, pp. 638-643, 1989.
19. D. Gustafson, «Groundwater Ubiquity Score: A simple method for assessing pesticide leachability,» *Environ. Toxicol. Chem.*, vol. 8, pp. 339-357, 1989.
20. Van den Berg, R. Kubiak, W. G. Benjey, M. S. Majewski, S. R. Yates, G. L. Reeves, J. H. Smelt et A. M. A. Van der Linden, «Emission of pesticides into the air,» *Water Air Soil Pollut.*, vol. 115, pp. 195-210, 1999.
21. Madrigal-Monarrez, «Rétention de pesticides dans les sols des dispositifs tampon enherbés et boisés : Rôle des matières organiques,» *Thèse de Doctorat Agronomie de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon*, p. 218 p, 2004.

22. M. Gorell, C. C. Johnson, B. A. Rybicki, E. L. Peterson et R. J. Richardson, «The risk of Parkinson's disease with exposure to pesticides, farming, well water, and rural living,» *Neurology*, vol. 50, n°5, pp. 1346-50, 1998.
23. M. M. Tabb et B. Blumberg, «New modes of action for endocrine-disrupting chemicals,» *Mol. Endocrinol.*, vol. 20, pp. 475-482, 2006.
24. M. Ariaz-Estevez, E. Lopez-Periago, E. Martinez-Carballo, J. Simal-Gandara, J. Mejuto et L. Garcia-Rio, «The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources,» *Agric. Ecosyst. Environ.*, n°123, pp. 247-260, 2008.
25. M. Mora, M. C. Hermosin et J. Cornejo, «Mobility of terbacil as influenced by soil characteristics,» *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, n°66, pp. 149 -161, 1997.
26. N. Song, L. Chen et H. Yang, «Effect of dissolved organic matter on mobility and activation of chlorotoluron in soil and wheat,» *Geoderma*, n°146, pp. 344-352, 2008.
27. N. Añasco, S. Uno, J. Koyama, T. Matsuoka et N. Kuwahara, «Assessment of pesticide residues in freshwater areas affected by rice paddy effluents in Southern Japan,» *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 160, n° %11, pp. 371-383, 2010.
28. N. Roeleveld et R. Bretveld, «The impact of pesticides on male fertility,» *Curr. Opin. Obstet. Gynecol.*, vol. 20, pp. 229-233, 2008.
29. P. Manual, Crop Protection Publication, 10e edition éd., London, UK: British Crop Protection Council, The Royal Society of Chemistry, 1995.
30. P. Plaza-Bolaños, J. A. Padilla-Sánchez, A. Garrido-Frenich, R. Romero-González et L. Martínez-Vidal J, «Evaluation of soil contamination in intensive agricultural areas by pesticides and organic pollutants: south-eastern Spain as a case study.,» *J Environ Monit.*, vol. 14, n°4, pp. 1182-9, 2012.
31. P. Carbone, F. Giordano, F. Nori, A. Mantovani, D. Taruscio, L. Lauria et I. Figà-Talamanca, «Cryptorchidism and hypospadias in the Sicilian district of Ragusa and the use of pesticides,» *Reprod. Toxicol.*, vol. 22, pp. 8-12, 2006.
32. *Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes* , vol. 36, n°6, pp. 775-7, 2001.

33. R. Calvet, E. Barriuso, P. Benoit, C. Bedos, M. Charnay et Y. Coquet, Les pesticides dans le sol: Conséquences agronomiques et environnementales, Paris: Editions France Agricoles, 637 p, 2005.
34. R. Pal, K. Chakrabarti, A. Chakraborty et A. Chowdhury, «Pencycuron application to soils: Degradation and effect on microbiological parameters,» *Chemosphere* , vol. 60, n°11, pp. 1513-1522, 2005.
35. R. J. Gilliom, «Pesticides in U.S. streams and groundwater,» *Environmental Science & Technology*, vol. 41, n°10, pp. 3408-3414, 2007.
36. S. A. Reinecke et A. J. Reinecke, «The impact of organophosphate pesticides in orchards on earthworms in the Western Cape, South Africa,» *Ecotoxicology and Environmental Safety* , vol. 66, n°2, pp. 244-251, 2007.
37. S. Sugiyama, N. Shimada, H. Miyoshi et K. Yamauchi, «Detection of thyroid systemdisrupting chemicals using in vitro and in vivo screening assays in *Xenopus laevis*,» *Toxicol. Sci.*, vol. 88, pp. 367-374, 2005.
38. Y. F. Jiang, X. T. Wang, Y. Jia, F. Wang, M. H. Wu, G. Y. Sheng et J. M. Fu, «Occurrence, distribution and possible sources of organochlorine pesticides in agricultural soil of Shanghai, China,» *Journal of Hazardous Materials*, vol. 170, n°2-3, pp. 989-99, 2009.
39. Y. Shahla et D. D'Souza, «Effects of pesticides on the growth and reproduction of earthworm: A Review,» *Applied and Environmental Soil Science*, p. 9 , 2010.
40. X. H. Li, W. Wang, J. Wang, X. L. Cao, X. F. L. J. C. Wang, X. F. Liu, X. B. Xu et X. Jiang, «Contamination of soils with organochlorine pesticides in urban parks in Beijing, China,» *Chemosphere* , vol. 70, n°9, pp. 1660-1668, 2008.
41. WHO, «Our Planet, Our Health; Report of the WHO Commission on Health and Environment,» WHO, Geneva, Switzerland, 1992.

Annexes

Annexe 1 Questionnaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشهيد حمه لخضر-الوادي-



كلية علوم الطبيعة و الحياة
قسم البيولوجيا
تخصص: بيئة
ماستر 2

Questionnaire

Date :.....
N° de l'enquête :....

Thème

Wilaya : El oued.

Daïra :.....

Commune :.....

Lieu :.....

Exploitation :.....

Nom du chef de l'exploitation :.....

Nombre d'associés :.....

L'Age de l'agriculture.....
Nombre de serre.....
Surface de serre.....
Nombre de la main d'œuvre.....
Type d'irrigation.....
Type de traitement.....
Type de serre.....
Type les engrais.....
Type de culture.....

Résumé

L'objectif de ce travail est l'évaluation de la pression phytosanitaire de la plasticulture sur l'agroecosystème oasien dans le Souf à travers l'indice de fréquence des traitements phytopharmaceutiques IFT et l'indice de pression phytosanitaire sur l'environnement IPP.

On a mené une enquête entre mars 2018 et mai 2018 impliquant quinze exploitations agricoles dans le Souf. Elle a abordé leurs aspects structurels et fonctionnels. Les indicateurs de fréquence des traitements phytosanitaires et de pression phytosanitaire ont été choisis pour évaluer la pression phytosanitaire sur l'agroécosystème saharien grâce à un barème d'évaluation par intervalle de valeurs de pression.

L'analyse approfondie a révélé une pression allant de «forte» à «très forte» sur l'agroenvironnement, due essentiellement aux mauvaises pratiques phytosanitaires des exploitations agricoles.

Mots-clés: Pression phytosanitaire, agroenvironnement, indice IFT, Souf, Plasticulture, pratiques agricoles.

Abstract

This work aim to assess the phytopharmaceutical pressure of greenhouse production farms on Saharan agrosystem of Souf region using phytopharmaceutical treatment indicator(IFT) and phytopharmaceutical pressure indicator (IPP). We conducted a survey between March 2018 and May 2018 involving fifteen agricultural farms in the Souf region. A survey was carried out between march 2018 and may 2018 for 15 Saharan farms dealing with their structural and functional aspects. phytopharmaceutical treatment and pressure indicators were selected as a means of assessing the phytopharmaceuticals pressure on Saharan ecosystem through a system based on pressure values scoring. The in-depth analysis reveals a pressure ranging from "strong" to "very strong" on agroecosystem, mainly due to the pesticides wrong practices of agricultural farms.

Keywords: Pesticides pressure, Agro-environment, IFT Indicator, Souf, Greenhouses, Agricultural Practices.

المخلص

يهدف هذا العمل إلى تقييم ضغط استخدام المواد الصيدلانية الفلاحية على المحيط لمستثمرات الزراعات المحمية (البيوت البلاستيكية) في منطقة سوف من خلال مؤشر تواتر المعالجات الصيدلانية الفلاحية IFT و مؤشر ضغط المواد الصحية الفلاحية على المحيط IPP.

لقد أجرينا استطلاعاً بين شهري مارس 2018 وماي 2018 شمل خمسة عشرة مستثمرة فلاحية بمنطقة وادي سوف. تطرق لجوانبها الهيكلية و الوظيفية. وتم اختيار مؤشرات تواتر المعالجات الصيدلانية الفلاحية و ضغط المواد الصحية الفلاحية على المحيط كوسيلة تقييم لضغط المواد الصحية الفلاحية على النظام البيئي الزراعي الصحراوي عبر نظام يعتمد على مجالات قيمية . و اوضح التحليل المعمق ضغطاً يتراوح بين " قوي" الى "قوي للغاية" على النظام البيئي الزراعي ويرجع ذلك أساساً إلى الممارسات الزراعية الوقائية السيئة للمستثمرات الفلاحية.

الكلمات الأساسية: ضغط استخدام المبيدات، البيئة الزراعية، مؤشر IFT، وادي سوف، زراعة بيوت بلاستيكية ، ممارسات زراعية.