

Evaluation de la pression d'utilisation phytosanitaire sur l'environnement : Cas du fraisier de Loukkos nord-ouest du Maroc

Abbou M.^(1, 2), Chabbi M.⁽²⁾ et Benicha M.⁽¹⁾

mohamed.benicha@inra.ma

1 : Laboratoire de résidus de pesticides, Unité de recherche sur les techniques nucléaires, l'environnement et la qualité, INRA, Tanger, Maroc.

2 : Laboratoire physico-chimie des matériaux, substances naturelles et Environnement (LAMSE), Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdel Malek Essaadi, Tanger, Maroc.

Résumé

L'agriculture moderne repose sur l'utilisation intensive des intrants chimiques notamment les pesticides. Malheureusement l'utilisation non rationnelle et souvent abusive des pesticides, présente une menace aussi bien pour la santé humaine que pour l'environnement à travers les résidus dans les denrées alimentaires et la pollution des différents compartiments de l'environnement notamment les eaux aussi bien superficielles que souterraines, d'autant plus que ces pratiques ainsi que leurs impacts sont mal connues. Les indicateurs agroenvironnementaux représentent un outil précieux pour étudier et évaluer la pression d'utilisation phytosanitaire sur l'environnement. La culture du fraisier est très développée dans le périmètre irrigué du Loukkos (nord-ouest du Maroc) et fait l'objet de beaucoup d'interventions phytosanitaires au regard des problèmes phytosanitaires de cette culture. Dans ce travail, nous avons évalué l'impact d'utilisation phytosanitaire du fraisier sur l'environnement en se basant sur la détermination des indicateurs agroenvironnementaux. La méthodologie de l'étude repose sur des enquêtes de terrain auprès de 31 fraisculteurs du périmètre à l'aide d'un questionnaire dans lequel on a rassemblé le maximum d'informations concernant la conduite et l'itinéraire technique suivi par les producteurs de fraise. Les résultats trouvés ont montré que les indicateurs agroenvironnementaux calculés sur l'ensemble des exploitations enquêtées révèlent des valeurs très élevées tels qu'indicateur de fréquence de traitement (IFT), Nombre de traitement (NT), Quantité totale de substances actives utilisée (QSA) et la Pression polluante par les pesticides (PPP). Ces résultats traduisent le recours intensif aux produits phytosanitaires, justifié par le nombre élevé de produits utilisés (32 PC, 29 M.A.) et par la fréquence moyenne de d'interventions phytosanitaires élevée (22) par cycle de production. En effet, l'adoption des indicateurs agro-environnementaux s'avère indispensable afin de suivre l'évolution d'utilisation phytosanitaire et minimiser ainsi les interventions phytosanitaires avec comme conséquence de réduire les risques de contamination des ressources naturelles dans le cadre d'une stratégie de lutte intégrée ou agro écologique respectueuse de l'environnement.

Mots-clés : Fraise, pesticides, indicateurs agroenvironnementaux, périmètre du Loukkos.

تقييم ضغط استعمال المبيدات الكيماوية على البيئة: مثال نبات الفراولة في حوض اللوكس بشمال غرب المغرب

عومحمد، محمد الشابي ومحمد بنعيشة

خلاصة

تعتمد الزراعة الحديثة على الاستخدام المكثف للمدخلات الكيماوية بما في ذلك المبيدات. لسوء الحظ، يشكل هذا الاستخدام تهديداً لكل من الإنسان والبيئة من خلال إمكانية تواجد مخلفات المبيدات في المواد الغذائية وفي المياه الجوفية، خاصة وأن هذه الممارسات وتأثيراتها غير معروفة جيداً. لذلك تمثل المؤشرات الزراعية-البيئية أداة قيمة لدراسة وتقييم ضغط الممارسات الزراعية على البيئة. وتعتبر زراعة الفراولة نشاطاً زراعياً متطوراً بشكل كبير بسهل اللوكس المسقي (شمال غرب المغرب) وتتطلب هذه الأخيرة معالجة مكثفة بالمبيدات. في عملنا هذا، نقوم بتقييم تأثير استخدام المبيدات الكيماوية على الفراولة بناءً على تحديد المؤشرات الزراعية البيئية من أجل تقييم ضغط هذه الممارسات على البيئة، مما يمكننا من التنبؤ بمخاطر التلوث التي يمكن أن تحتويها. تعتمد منهجية الدراسة على دراسات ميدانية مع واحد وثلاثون من مزارعي الفراولة في المنطقة باستخدام استبيان يحتوي على أكبر قدر ممكن من المعلومات تتعلق بالسلوك والطرق المتبعة من طرف منتجي الفراولة. أظهرت النتائج أرقام عالية للمؤشرات الزراعية البيئية (IFT، PPP، QSA، إلخ) المحسوبة في مجموع المزارع التي شملتها الدراسة. وتعكس هذه النتائج اللجوء المكثف للمبيدات، والذي يبرره ارتفاع عدد المواد الكيماوية التجارية المستعملة والمعالجات المطبقة طوال دورة حياة نبتة الفراولة على ضوء هذه النتائج، فإن الاعتماد على المؤشرات الزراعية البيئية يعد أمراً ضرورياً لمتابعة تطور الممارسات الزراعية، ولا سيما ممارسات تطبيق المواد الكيماوية (المبيدات)، مما يمكننا من تقليل مخاطر تلوث الموارد الطبيعية في المنطقة عن طريق استخدام استراتيجية فلاحية مستدامة للحد من الاستخدام المكثف للمبيدات الفلاحية.

الكلمات المفتاح: الفراولة، المبيدات، ممارسات المبيدات الكيماوية، المؤشرات البيئية-الزراعية، حوض اللوكس.

Assessment of the pressure of pesticide use on the environment: Case of strawberry of Loukkos northwestern Morocco

Abstract

Modern agriculture relies on the intensive use of chemical inputs including pesticides. Unfortunately, the irrational and often abusive use of pesticides poses a threat to both human health and the environment through residues in foodstuffs and the pollution of the various compartments of the environment, in particular both surface and groundwater, especially since these practices and their impacts are poorly understood. Agri-environmental indicators represent a valuable tool for studying and assessing the pressure of phytosanitary use on the environment. Strawberry cultivation is highly developed in the Loukkos irrigated perimeter (north-west of Morocco) and is the subject of many phytosanitary interventions with regard to the phytosanitary problems of this crop. In this work, we assessed the impact of phytosanitary use of strawberry on the environment based on the determination of agri-environmental indicators. The methodology of the study is based on field surveys with 31 strawberry growers in the area using a questionnaire in which we gathered as much information as possible about the conduct and the technical route followed by the strawberry producers. The results showed that the agri-environmental indicators calculated on all the farms surveyed reveal very high values such as treatment frequency Index (IFT), Number of treatments (NT), Total quantity of active substances used (QSA) and Polluting pressure by pesticides (PPP). These results reflect the intensive use of pesticides, justified by high number of products used (32 CP, 29 A.I.) and by high average frequency of pesticide treatments (22) per production cycle. Indeed, the adoption of agri-environmental indicators is essential in order to follow the evolution of pesticides use and thus minimize pesticide treatments with the consequence of reducing the risks of contamination of natural resources as part of a strategy integrated pest management or agro-ecological respectful of the environment.

Keywords. Strawberries, pesticides, agri-environmental indicators, Loukkos perimeter.

Introduction

Depuis plusieurs décennies, la plupart des méthodes modernes de protection des cultures se sont basées sur l'emploi des produits phytosanitaires chimiques. La forte utilisation des pesticides était considérée comme un préalable à la réussite d'une stratégie de développement agricole rapide (Carpentier, 2010). Cette conception a favorisé l'utilisation importante des produits phytosanitaires afin d'augmenter la production agricole.

Toutefois, il est apparu au fil des années que ces pesticides chimiques présentaient également des inconvénients, soit des risques pour l'environnement (Waibel et Zadoks, 1995 ; Zhao et al., 2020) tels que la contamination des sols (Calvet et al., 2005; Benicha, 2010 ; Benicha et al., 2019), des eaux (Giroux, 2003 ; Benicha, 2011; Rissouli et al., 2017) et des produits agricoles (Djaneye-Boundjou et al., 2000 ; Benicha, 2009), les dangers pour la santé des travailleurs agricoles (Jas, 2010) et des consommateurs, par la présence des résidus dans les denrées alimentaires (Sanborn et al., 2004), les impacts sur les populations d'espèces utiles aux cultures (Sauphanor et al., 2009), ainsi que le développement de la résistance aux pesticides par les ennemis des cultures (Georghiou, 1986). Ceci montre que l'utilisation des produits phytosanitaires constitue un problème sanitaire et environnemental important. En raison de leur toxicité, la mise en étude est préalable pour contribuer à un usage plus responsable des produits phytosanitaires afin de diminuer la toxicité envers l'homme et protéger l'environnement.

Au Maroc, une forte proportion de la population 37,5 est employée dans le secteur agricole et utilise de façon permanente les produits phytosanitaires (Harbouze et al., 2019). Ceci, est plus avéré dans les périmètres irrigués tels que le périmètre du Loukkos, caractérisé par une agriculture intensive notamment la culture du fraisier (Tanji et al., 2014). Cette intensification s'accompagne d'un développement considérable des maladies et ravageurs des cultures. Devant cette situation, les agriculteurs se trouvent obliger, pour protéger leurs récoltes, de faire recours à l'utilisation des produits phytosanitaires.

Le fraisier représente une culture très importante et très développée dans le périmètre du Loukkos. Elle est considérée parmi les cultures phares du Plan Agricole Régional (PAR) du Plan Maroc Vert de la région Tanger-Tétouan-Al Hoceima (Akesbi, 2011) et de la stratégie « Génération Green 2020-2030 » dont l'objectif est de doubler les exportations au cours des dix prochaines années (Saber, 2020). Plusieurs facteurs ont favorisé son développement : sols adaptés, eau abondante, main d'œuvre qualifiée, maîtrise des techniques de production, de conditionnement et d'exportation vers le marché Européen (Sidi Hida, 2013).

Cette culture joue un rôle socio-économique stratégique dans la région. Elle est génératrice de l'emploi avec plus de 2,5 millions de journées de travail et fait appel à un chiffre d'affaire d'environ 1Milliard de DH¹, dont 90% en devise (Arhazzal, 2018). Les superficies sont actuellement aux alentours de 2400 ha. D'autre part, la culture est très vulnérable à de multiples attaques des maladies et ravageurs tout au long de son cycle de production, ce qui conduit à une augmentation des traitements

¹1DMA=0.1\$

phytosanitaires incluant des risques pour la santé public et pour l'environnement. (Pimentel et al., 1992; Tanji et al., 2014 ; Benicha et al., 2016a ; Girard et al., 2020).

Toutefois, les pratiques de protection phytosanitaires mises en œuvre par les agriculteurs restent mal connues et il en est de même les niveaux et les types de pollution des eaux et des sols par les pesticides à (Daoudi et al., 2014 ; Benicha et al., 2016b).

Pour mener une stratégie de prévention des risques correspondant à l'usage des produits phytosanitaires, il est indispensable de mettre en place des outils d'évaluations adéquates pour évaluer les systèmes de culture. Ce besoin de procédure demande, en première étape, les indicateurs d'évaluation agroenvironnementaux cités auparavant, qui pourront être une piste pour la gestion phytosanitaire dans la région et par suite minimiser les effets toxicologique au niveau de trois compartiments de l'environnement.

En effet, les indicateurs agroenvironnementaux sont des outils qui participent au suivi de l'état de l'environnement et au processus d'évaluation des politiques publiques agricoles et environnementales. Ils traduisent ainsi l'intensité du recours aux produits phytosanitaires et donnent une idée générale des tendances de l'utilisation des pesticides et des risques qui y sont associés ainsi que leurs effets sur l'environnement (Zahm, 2011 ; Guichard et al., 2017). Ces indicateurs sont utilisés comme paramètres dans des outils d'aide à la réflexion pour la gestion des risques phytosanitaires sur les différents compartiments de l'environnement au niveau d'une exploitation agricole ou d'un territoire (Girardin, 1999 ; Zavagli et al., 2011).

D'autre part, les travaux concernant l'évaluation de l'impact des pratiques phytosanitaires au Maroc demeurent très peu nombreux, ce qui nous a incité, à l'INRA de Tanger, de faire une caractérisation des pratiques de protection des cultures. Dans ce contexte, l'objectif de cette étude est de faire un diagnostic de l'impact d'utilisation phytosanitaire de la culture du fraisier du Loukkos et leur impact sur l'environnement, en se basant sur la détermination des indicateurs agroenvironnementaux.

Matériel et méthodes

Présentation du lieu d'étude

Le périmètre Loukkos est situé au Nord-Ouest du Maroc au milieu de l'axe Rabat–Tanger, entre le Tangérois et le Gharb (Figure 1). Il s'étend sur une superficie de 256.000 ha dont 57% est sous forme de terres agricoles utiles (ORMVA, 2003).

Le climat de la zone est Méditerranéen avec une pluviométrie moyenne annuelle de 700 mm, répartie entre mi-octobre et mi-avril. La température moyenne est de 11°C en hiver et de 25°C en été (Benchokroun, 2009). Les sols du bassin du Loukkos sont des sols sableux pauvres en matière organique et en azote total (Edahbi et al., 2014).

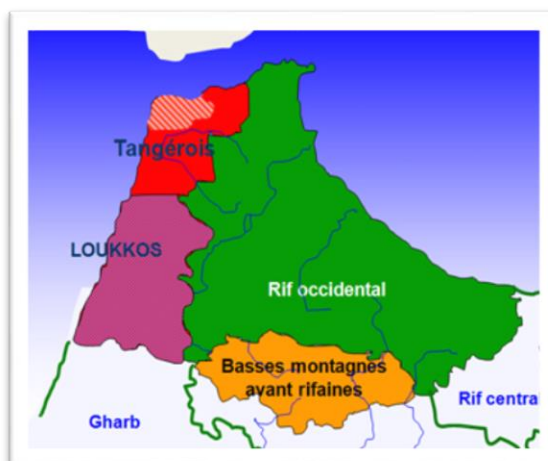


Figure 1. Localisation géographique du périmètre de Loukkos.

Réalisation des enquêtes

Afin de répondre aux objectifs fixés, nous avons réalisé une enquête de janvier à juillet de la campagne de 2019 dans 31 exploitations différentes. Le nombre restreint des agriculteurs visités est dû à la difficulté d'accès aux fraiseraies dans la région.

Les exploitations ont été choisies de façon aléatoire de différentes régions du périmètre du Loukkos, à savoir Laaouamra, Hyayda, Zlaoula et Chouafaa. Le questionnaire des enquêtes a porté sur l'âge, le niveau d'instruction des agriculteurs enquêtés, la superficie des fraiseraies, les variétés de la fraise, les problèmes phytosanitaires, les traitements (fréquence, dose, cible, délai avant la récolte, ...), mode et matériel de traitement, les conditions de traitement (température, humidité, ensoleillement et vent), et les produits utilisés (spécialités commerciales et matières actives).

Traitement des données

A l'issue des enquêtes, nous avons évalué l'utilisation phytosanitaire à travers le calcul et la détermination des indicateurs agro-environnementaux suivants : l'indicateur de fréquence de traitement (IFT), le nombre de traitement (NT), la Quantité totale de substances actives utilisée (QSA) et la pression polluante par les pesticides (PPP). Leurs choix s'expliquent aisément par la facilité de calcul et de collecte de l'information nécessaire, ainsi que par ses qualités de l'appréciation du risque pour la santé humaine et pour l'environnement (Yves, 2007).

Nombre de traitement

On définit un traitement comme l'application d'un produit commercial en un passage et l'on comptabilise le nombre de traitements appliqués sur une parcelle (ou un ensemble de parcelles) au cours d'une campagne culturale. Un mélange de deux produits appliqués en un passage, compte pour deux traitements, de même que l'apport fractionné d'un seul produit en deux passages. Les pratiques de protection phytosanitaire sont alors décrites par un nombre moyen de traitements qui peut être calculé pour un territoire, une culture donnée ou encore une catégorie de produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, etc.) (Nathanaël et al., 2009).

Pression Polluante par les Pesticides

Cet indicateur renseigne sur l'intensité d'utilisation des produits phytosanitaires par l'exploitation et le risque potentiel des traitements appliqués sur l'environnement. Il informe sur le niveau de maîtrise de l'exploitant concernant la gestion de la protection des cultures. L'objectif est que le recours à l'application de pesticides soit décidé de manière raisonnée et que l'agriculteur soit informé du degré d'impact sur l'environnement des pesticides utilisés. La détermination de cet indicateur est définie comme étant la surface traitée multipliée par le nombre de traitements divisé par la surface de la parcelle.

Il est à noter que plus la valeur de l'indicateur tend vers 0, plus la pression polluante par les pesticides sur l'environnement est faible ; la valeur 0 correspond à l'absence d'application de pesticides (Boutaleb et Bouamri, 2007).

Quantité totale de substances actives

La quantité totale de substances actives (QSA) correspond à la masse de l'ensemble des substances actives contenues dans les produits commerciaux utilisés à l'hectare sur un cycle de production (Zavagliet al., 2011). Elle est définie, en Kg/ha, comme étant le rapport entre la dose appliquée de produit commercial multiplié par la teneur en substance active et la proportion de la parcelle traitée.

Indicateur de fréquence de traitement

L'indicateur de fréquence de traitement (IFT) correspond au nombre de doses homologuées appliquées sur une parcelle pendant une campagne culturale. La dose homologuée est définie comme étant la dose efficace d'application d'un produit sur une culture et pour un organisme cible (Nathanaël et al., 2009). Il reflète ainsi l'intensité d'utilisation du produit phytosanitaire en agriculture, autrement dit la «pression phytosanitaire» exercée sur l'environnement à l'échelle de la parcelle (Brunet et al., 2008).

L'IFT est donné comme étant le rapport entre le produit commercial multiplié par la surface traitée et la dose homologuée multipliée par la surface de la parcelle.

Pour chaque traitement, on calcule l'IFT_{traitement} qui correspond à la somme des IFT des agriculteurs :

$$IFT_{traitement} = \frac{\sum (IFT_{agriculteur} \times surface \text{ correspondante})}{\sum surfaces}$$

Résultats

Superficie occupée par la fraise

Chez les 31 fraiseuriers enquêtés, les superficies de fraiseraies visitées ont varié de 2 à 20 ha. La moitié des agriculteurs (64%) ont une superficie comprise entre 2ha et 10ha. Les grandes superficies (supérieure à 10 ha) représentent 33%, alors que la plus faible catégorie (3%) possède une superficie inférieure à 2 ha (Figure 2).

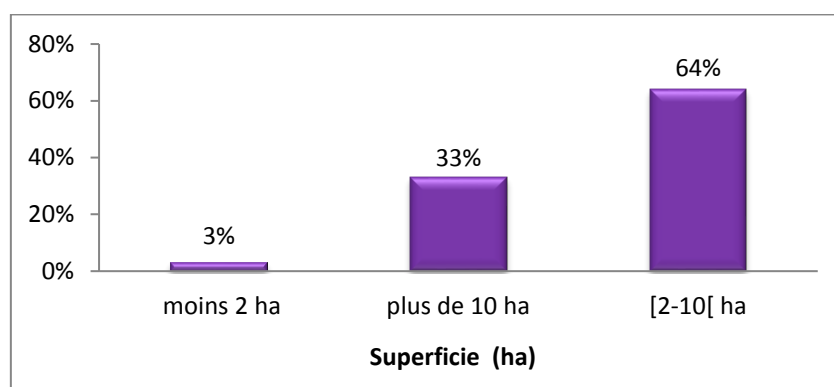


Figure 2. Répartition des superficies de fraiseraies enquêtées

Type des exploitations

Selon les exploitations enquêtées, la culture du fraisier est entièrement installée sous abri avec 91% des superficies sous-serres multichapelles et 9% sous tunnels nantais (Figure 3). Malgré leur coût élevé, les grandes serres permettent de travailler confortablement et de faire la récolte même en cas de pluie.

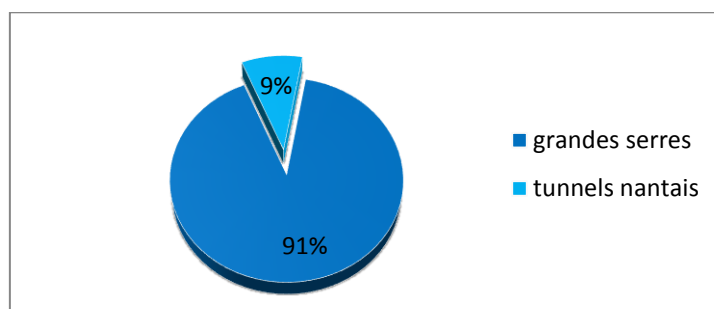


Figure 3. Répartition des Types des fraiseraies enquêtées

Certification

Parmi les fraiseiculteurs enquêtés, 97% sont certifiés (Global Gap) (Globalgap est le système basique et beaucoup d'entre eux bénéficient de la certification Tesco Nurture (Tesco Nature's Choice), dont la totalité de grands producteurs du fraisier. Cette certification traduit le fait que les agriculteurs produisent, selon un cahier de charge où sont précisées notamment les matières actives autorisées par les importateurs en plus de leur homologation au Maroc (Figure 4)

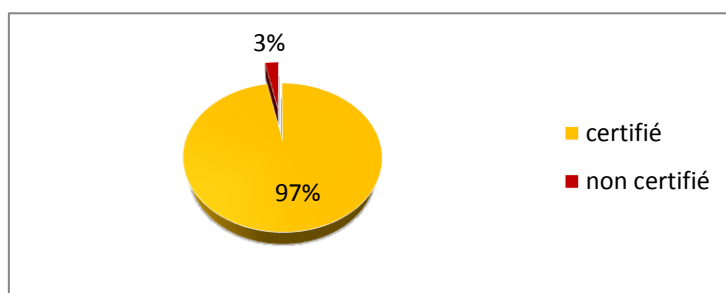


Figure 4. Rapport entre producteurs certifiés et non certifiés

Âges et niveau d'instruction des exploitants utilisant les pesticides

Tous les producteurs de la fraise sont des hommes. Leurs âges varient de 30 à plus de 50 ans. Les producteurs ayant plus de 50 ans sont les plus dominants avec 40%, les agriculteurs les plus jeunes représentent 35%, alors que ceux ayant entre 40-50 ans ne représentent que 25% (Figure 5).

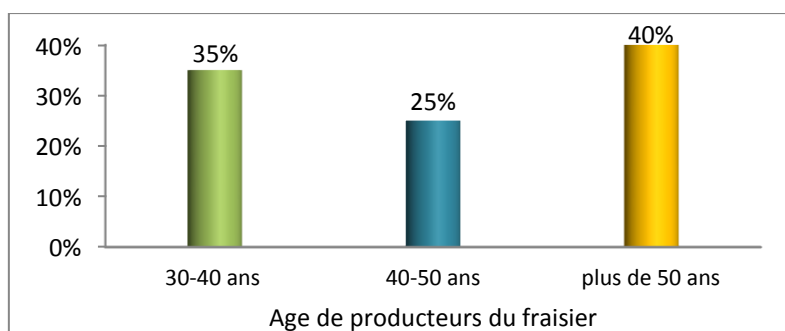


Figure 5. Répartition des exploitants utilisant les pesticides dans le fraisier selon leur âge

Le niveau d'instruction peut influencer grandement les pratiques d'utilisation des produits phytosanitaires. En effet, un bon niveau d'instruction permettra aux exploitants d'étendre fortement leurs connaissances sur les pesticides notamment sur les modes d'application figurant sur les étiquettes des flacons, les rémanences, le respect des délais de carence ainsi que les précautions à prendre au moment des traitements.

Les résultats relevés des enquêtes concernant le niveau d'instruction, ont montré que 50% ont un niveau primaire et 42% ont un niveau secondaire, alors que ceux ayant un niveau supérieur représentent 8% (Figure 6).

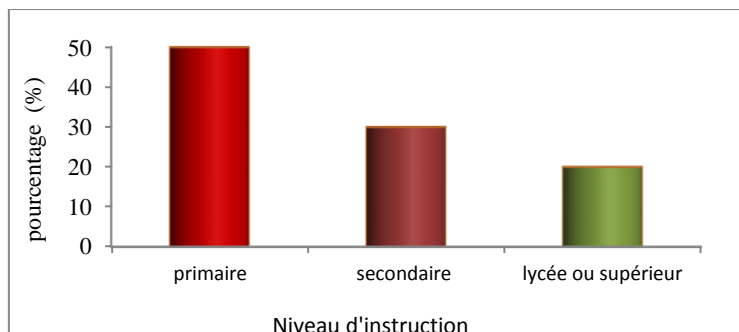


Figure 6. Répartition des producteurs de la fraise selon leur niveau d'instruction

Variétés de la fraise

Nous avons recensé l'utilisation de 8 variétés différentes de fraise dont les plus prépondérantes sont San andreas et Fortuna (25% chacune) suivies par Sabrina et Marisol (15% chacune) et enfin Calinda, *Splendor*, Festival et Marquis avec une proportion de 5% chacune (Figure 7).

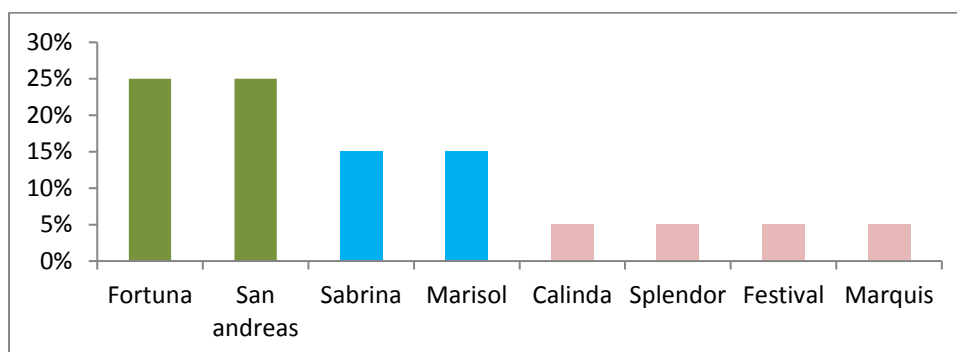


Figure 7. Utilisation des variétés de la fraise

Application des pesticides

Du moment que la fraise est très vulnérable à de multiples attaques des ravageurs et maladies, notamment l'oïdium, la pourriture grise, les acariens, l'anthracnose, les pucerons, les noctuelles, les agriculteurs ont recours aux traitements phytosanitaires le long du cycle de la culture. Le mode de traitement le plus répandu est l'utilisation des pulvérisateurs à moteurs tractés avec de grandes capacités (600 à 2000 L), alors que pour les mauvaises herbes, les traitements herbicides sont rares. Ils se font généralement à l'aide de pulvérisateurs à dos de 16L.

Le tableau 1 suivant résume les principaux bioagresseurs ainsi que les pesticides utilisés durant le cycle de la culture.

Tableau 1: Les principaux bio-agresseurs traités ainsi que les substances actives utilisées par les fraiseiculteurs

Bioagresseur ciblé	Substances actives les plus utilisées	Doses utilisées l ou kg/ha	Stades et incidence de développements
Oïdium	Azoxystrobine	0,80	La présence oïdium et la pourriture grise sont toujours signalées, mais l'incidence est forte avec l'augmentation de l'humidité de début jusqu'à la fin. Les mois pluvieux ; novembre, décembre, janvier, février et mars sont favorables à l'apparition de la maladie. Par contre pour les mois ensoleillés l'incidence est faible avec l'augmentation de la température et la diminution l'humidité
	Quinoxifène	,300	
	azoxystrobine+Difénoconazole	0,75	
	Trifloxystrobine + fluopyram	0,60	
	Méptyldinocap	0,50	
	Boscalid + pyraclostrobine	,150	
	Cyprodinil + Fludioxonil	0,60	
Pourriture gris	Fenhexamid	0,15	Une faible pression des pucerons, des noctuelles et les acariens sont toujours observée dès le mois d'octobre où l'apparition des premières attaques est probable. L'incidence est forte pour les mois ensoleillés ; mars, avril, mai et juin. les conditions climatiques chaudes sous abris sont favorables au développement de ces ravageurs.
	Mepanipyrimine	0,80	
Pucerons	Thiaclopride	0.20	
	sulfoxaflor	0,125	
	Thiametoxam	0,40	
	spirotetramat	0,75	
	Fenpyrazamine	0,10	
Noctuelles	Emamectine benzoate	0,25	utilisés comme fumigant une fois par cycle pour la désinfection du sol avant plantation.
	chlorantraniliprole	0,15	
	Cyantraniliprole	0,60	
Acariens	Hexythiazox	0,50	
	Bifenazate	0,25	
	Abamectine	0,50	
	Abamectine +Chlorantraniliprole	0,50	
Nématicides	metham-sodium	600-1200	
	chloropicrine	40	

Indicateurs agroenvironnementaux

Nombre de traitement phytosanitaire

Concernant le nombre de traitement phytosanitaire NT, les résultats ont montré que les parcelles enquêtées reçoivent un NT moyen par cycle de 22.33 traitements dominé par les fongicides (11.2), suivie des acaricides (4.62) et des insecticides (4.26), en fin herbicides et nématicides avec 1.25 et 1 respectivement (Figure 8).

Cette valeur reste très élevée et traduit l'utilisation intensive des pesticides justifiée par la forte pression exercée par plusieurs maladies et ravageurs, notamment l'oïdium, les acariens et les noctuelles.

Ainsi, les traitements fongicides préventifs anti-oïdium et la pourriture grise sont les plus utilisés. Les substances les plus fréquemment utilisées sont Myclobutanil, Quinoxifène, Cyprodinil+Fludioxonil, et Azoxystrobine. En deuxième lieu, viennent les

traitements insecticides et acaricides. Les substances les plus utilisées sont Thiachlopride, Emamectine benzoate, Etoxazole et Hexythiazox.

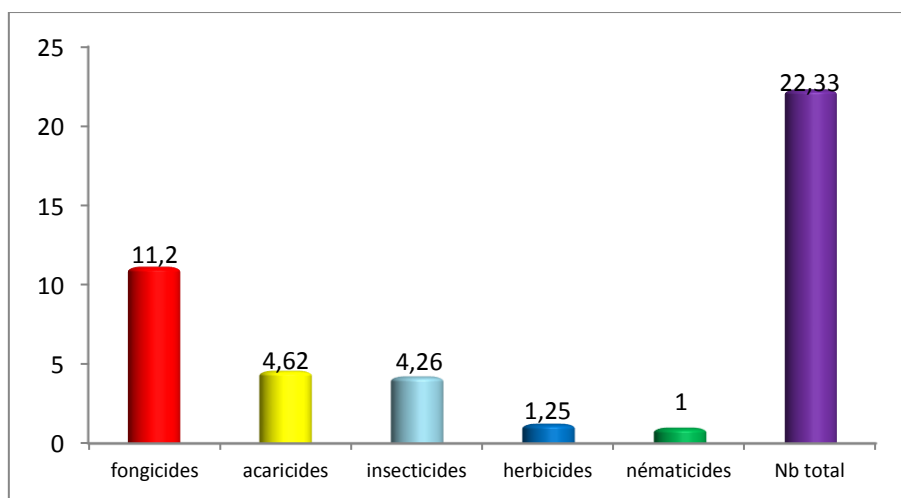


Figure 8. Nombre moyen de traitement phytosanitaire par cycle

Pression polluante par les Pesticides PPP

Concernant la superficie enquêtée, la détermination de la pression polluante par les pesticides a révélé une valeur totale moyenne de 20.28 (Figure 9) avec toujours une dominance pour la pression polluante exercée par les fongicides (10.49), suivie des insecticides (3.9) et acaricides (3.89).

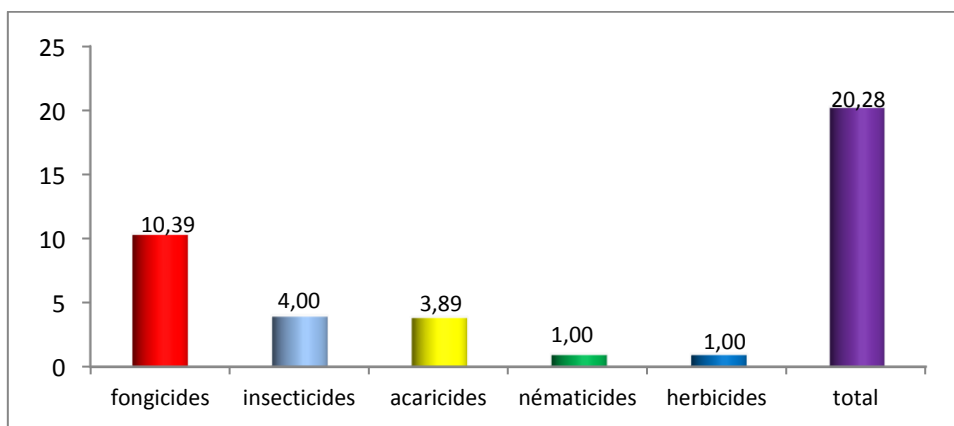


Figure 9. Pression polluante par les pesticides par cycle

Quantité totale de substances actives QSA

La quantité totale de substances actives, calculée pour l'ensemble des agriculteurs, a révélé une valeur de 5.44 kg/ha (hors nématicides), répartie en 4.25 kg/ha pour les traitements fongicides suivis par les insecticides (0.5 kg/ha), les herbicides (0.44 kg/ha) et les acaricides (0.25 kg/ha).

La quantité totale de substances actives, calculée pour l'ensemble des agriculteurs, a révélé une valeur moyenne de QSA=264.72 kg/ha (Figure 10) y incluant les nématicides tels que le metham sodium et la chloropicrine qui sont utilisés come fumigants pour la désinfection du sol avant plantation. Ces nématicides_sont les plus utilisés avec une quantité moyenne de 259.28 kg/ha. Pour les traitements hors nématicides (sans tenir compte les quantités des nématicides utilisées), nous avons enregistré une valeur de QSA= 5.44 kg/ha répartie en 4.25 kg/ha pour les traitements fongicides suivis par les insecticides (0.51 kg/ha), les herbicides (0.44 kg/ha) et enfin les acaricides (0.25 kg/ha).

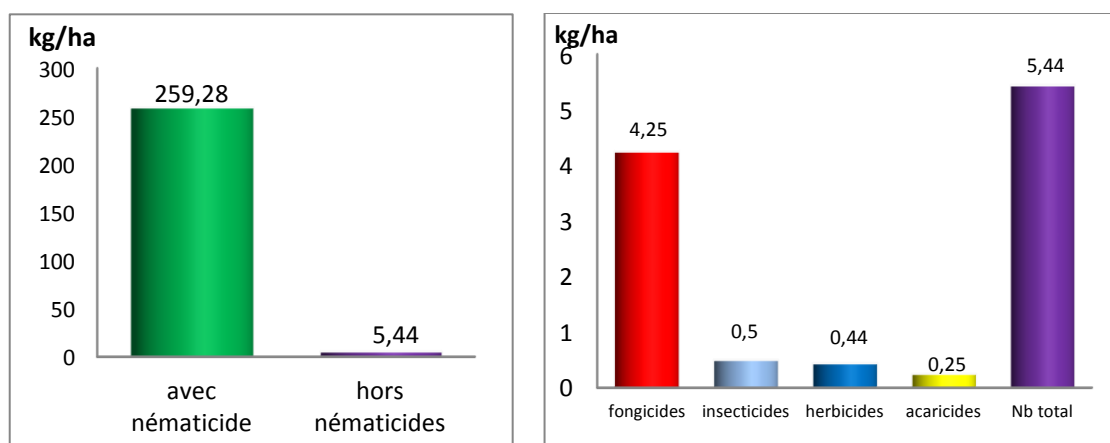


Figure 10. Quantité totale de substances actives/ *Total quantity of active substances*

Indicateur de fréquence de traitement IFT

L'IFT est un indicateur très important car il permet de suivre l'évolution de la consommation des pesticides. L'IFT total moyen calculé sur l'ensemble des parcelles enquêtées est d'environ 23.32. Les traitements fongicides sont les plus utilisés avec une valeur moyenne $IFT_{fongicide}$ de 12.76. Les $IFT_{insecticides}$ et $IFT_{acaricides}$ viennent ensuite avec des valeurs de 5.18 et 3.02 respectivement, alors que les $IFT_{herbicide}$ et $IFT_{nématicide}$ sont en dernier lieu avec des valeurs respectives de 1.25 et 1.11 (Figure 11).

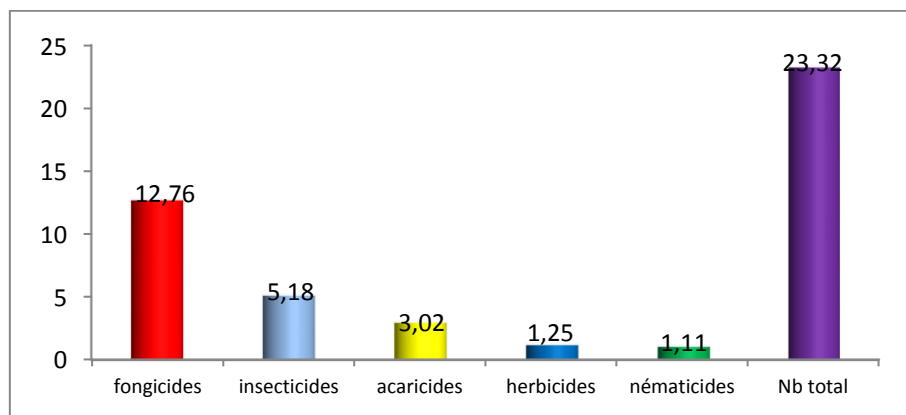


Figure 11. Indicateur de fréquence de traitement

Discussion

La méthode d'analyse des pratiques phytosanitaires que nous avons adoptée dans ce travail nous montre que le Nombre de traitement phytosanitaire appliqué sur les parcelles enquêtées du fraisier est de 22.33 traitements. Cette valeur reste élevée comparée à celles trouvées pour la fraise dans d'autres pays, très consommateurs de pesticides tels que la France (Turquet et al., 2019 ; Agreste, 2020). Elle reflète l'utilisation intensive des pesticides notamment les traitements fongicides préventifs anti-oïdium et contre la pourriture grise le long du cycle de la culture (Myclobutanil, Quinoxifène, Cyprodinil + Fludioxonil, Azoxystrobine, Boscalid + pyraclostrobine...) ainsi que la présence des acariens et des noctuelles qui font recours aux traitements acaricides et insecticides notamment par Emamectine, Etoxazole et Hexythiazox.

Au niveau de l'analyse de QSA pour chaque catégorie de pesticides en corrélation avec la pression phytosanitaire, nous constatons que celle des nématocides ($QSA_{nématocides}$) est la plus élevée. La grande différence entre les deux QSA (nématocide et hors nématocide) s'explique par la dose homologuée du nématocide (metham sodium), utilisé en traitement du sol, qui varie entre 800 et 1000 kg/ha. En raison de sa toxicité élevée, cette substance est interdite en France depuis 2018 et en Europe. Aux Etats-Unis, Ce produit est suspecté par l'USEPA d'être cancérigène, reprotoxique et de perturber le développement (Mittal & al., 2014).

La valeur de l'IFT total (23.32) reste élevée. Elle peut être expliquée par une fréquence de traitement élevée à cause de la forte pression des maladies fongiques (oïdium notamment) et des ravageurs (acariens et noctuelles), qui oblige les agriculteurs au recours à la lutte chimique le long du cycle de la culture et par l'utilisation des doses, parfois dépassant la fréquence d'utilisation autorisée. Ceci a été constaté lors du déroulement des enquêtes.

Ces valeurs reflètent l'intensité d'utilisation des pesticides sur le fraisier, traduisant notamment la forte pression parasitaire, la diversité des produits phytosanitaires employés, l'intensification agricole et la pollution des écosystèmes par la présence des pesticides dans des différents compartiments (eau, sol et l'aire) (Belmonte Vega et al. 2005; Scholtz et al. 2002), ceci pouvaient engendrer des risques de contamination pour l'environnement.

A nos connaissances, très peu d'études dans la littérature mettent en évidence les indicateurs agroenvironnementaux sur la culture du fraisier (, toutefois les valeurs trouvées restent très élevées comparées à celles des autres cultures (blé, pomme de terre, canne à sucre, colza, ...) obtenus dans différents pays, tels que la France (Agreste, 2019 et 2020) et le Canada (Tellier, 2006).

De manière générale, l'évaluation des pratiques phytosanitaires des exploitations enquêtées, à l'aide des indicateurs agro-environnementaux, nous a permis d'illustrer la pression phytosanitaire et les risques de pollution qu'elle pourrait entraîner. Ces indicateurs agro-environnementaux constituent non seulement des éléments d'évaluation des pratiques phytosanitaires, mais ils peuvent également être utilisés comme des moyens permettant de simplifier l'information et de rendre plus lisible un système complexe pour les intervenants dans le but de réduire l'utilisation des pesticides et de tendre vers une meilleure durabilité environnementale.

Conclusion

Dans ce travail nous nous sommes intéressés à évaluer l'impact d'utilisation phytosanitaire du fraisier du Loukkos par le biais des indicateurs agroenvironnementaux de pression phytosanitaire suivants IFT, QSA, PPP, NT. Les valeurs déterminées de ces indicateurs s'avèrent élevées, traduisant une utilisation élevée des produits phytosanitaires le long du cycle de production, ce qui pourrait conduire à une augmentation de pollution, à long terme, des trois compartiments de l'environnement (eau, sol, air). Les indicateurs agroenvironnementaux peuvent être un moyen efficace pour suivre l'évolution d'utilisation des pesticides dans le but de réduire leur utilisation pour le développement d'une agriculture durable plus économe en intrants et plus respectueuse de l'environnement.

Bibliographie

- Agreste, Chiffres et Données. (2019). Pratiques culturales en grandes cultures 2017: IFT et nombre de traitements. N° 2019-3 - Juin 2019. p. 5-27.
- Agreste, la statistique, l'évaluation et la perspective agricole, (2020). L'IFT moyen herbicide et non herbicide pour les grandes cultures des Hauts-de-France. N° 1 Janvier.
- Akesbi N. (2011). La nouvelle stratégie agricole du Maroc annonce-t-elle l'insécurité alimentaire du pays ? *Confluences Méditerranée* 78 .p. 93–105.
- Arhazzal M. (2018). Filière des petits fruits rouges au Nord du Maroc. AgriMaroc.ma. <https://www.agrimaroc.ma/filiere-petits-fruits-rouges-nord-maroc/> consulté le 25.10.20).
- Belmonte Vega, A., GarridoFrenich, A. and Martínez Vidal, J.L., (2005). Monitoring of pesticides in agricultural water and soilsamplesfrom Andalusia by liquid chromatography coupled to mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta* 538, p.117–127.
- Benchokroun T. (2009). Appui à l'appropriation des techniques d'économie d'eau à la parcelle dans le périmètre du Loukkos. Projet TCP/MOR/8822. 50.
- Benicha M., (2009). Recherche et analyse des résidus de pesticides dans les pommes de terre du Loukkos. Internal Report, INRA-CRRA de Tanger. 86.
- Benicha M., (2010). Evaluation de la contamination des sols par les pesticides dans la zone de R'mel. Rapport d'activité annuel, INRA-CRRA de Tanger. 104.
- Benicha M., (2011). Détermination spatio-temporelle de la contamination par les pesticides de la nappe de R'mel du Loukkos. Rapport d'activité annuel, INRA. 22.
- Benicha M., Azmani A., et Mrabet R. (2016a). Characterization of Carbofuran bound residues and the effect of ageing on their distribution and bioavailability in the soil of a sugar beet field in northwestern Morocco. *Europ. J. Environ. Sci.* 6(1). p.57-63.
- Benicha M., Maadani S., et Chabbi M. (2016b). Conséquence d'utilisation des pesticides dans le fraisier sur la contamination des sols et des eaux souterraines du périmètre du loukkos. Le premier congrès International des Etudes sur l'Eau et l'Environnement. ENSA, Al-Hoceima, p.66.
- Boutaleb J. A., et Bouamri A. (2007). Utilisation des pesticides en arboriculture et maraîchage dans Sais et Moyen Atlas au Maroc. Indicateur agri-environnementaux. http://emakane.net/agri/wedfocus/pages/indicateur_agri.htm.
- Brunet N., Guichard L., Omon B., Pingault N., Pley-Ber E., et Seiler A. (2008). L'indicateur de fréquence de traitements (IFT) : un indicateur pour une utilisation durable des pesticides. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA* (56). p.131–141.
- Calvet R., Barriuso E., Bedos C., et Benoit P. (2005). Les pesticides dans le sol : conséquences agronomiques et environnementales. *France agricole*. 637.
- Carpentier A., (2010). Economie de la production agricole et régulation de l'utilisation des pesticides. Une synthèse critique de la littérature INRA-UMR Smart et ENSAI, Rennes.

- Daoudi El M., Fekhaoui M., El Morhit M., Zakarya D., EL Abidi A., Daou B. et Dahchour A. (2014). Assessment of contamination by organochlorine pesticides in the Loukkos area (Morocco). *Int. J. Aqu. Sci.*5(1). p. 83-93.
- Djaneyé-Boundjou G., Bawa LM. et Boukary Y. (2000). Résidus de pesticides organochlorés dans quelques denrées alimentaires d'origine végétale. *Microb. Hygiène Alimentaire*. 12(35). p. 42-46.
- Edahbi M., Khaddor M. et Salmoun F. (2014). Caractérisation des sols du Nord du Maroc (Bassin Loukkos). *J. Mater. Environ. Sci.*5(S). p. 2133-2138.
- Georghiou, G.H. (1986). The magnitude of the resistance problem. Ln: National Research Council. Pesticide resistance - strategies and tactics for management. Washington: Nat Acad Press. pp. 14-43.
- Girard L., Reix N., et Mathelin C. (2020). Impact des pesticides perturbateurs endocriniens sur le cancer du sein. *Gynécologie Obstétrique Fertilité & Sénologie* 48. p.187–195. <https://doi.org/10.1016/j.gofs.2019.10.00>
- Girardin P., Bockstaller C. et Van der Werf H. M. G. (1999). Sustainable agriculture. (13).21.
- Giroux, I. (2003). Contamination de l'eau souterraine par les pesticides et les nitrates dans les régions en culture de pommes de terre. Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec, Canada. p. 1-23.
- Guichard L., Mignolet C., et Schott C. (2017). Utilisation des produits phytosanitaires en France : bilan synthétique des pratiques et de leurs évolutions. Colloque organisé par l'Académie d'Agriculture de France, en collaboration avec l'École des Hautes Études en Santé Publique et l'Institut de Recherche en Santé Environnement et Travail.
- Harbouze R., Pellissier J.-P., Rolland J.-P., et Khechimi W. (2019). Rapport de synthèse sur l'agriculture au Maroc. .
- Jas, N. (2010). Pesticides et santé des travailleurs agricoles en France Questions anciennes, nouveaux enjeux. *Courrier de l'environnement de l'INRA*. (59). octobre 2010.
- Mittal M., Khan K., Pal S. (2014). The Thiocarbamate Disulphide Drug, Disulfiram Induces Osteopenia in Rats by Inhibition of Osteoblast Function Due to Suppression of Acetaldehyde Dehydrogenase Activity *Toxicol. Sci.* 139 (1) : 257-270.
- Nathanaël P., Emilie P., Claire C., Laurence G. et Bertrand O. (2009). Produits phytosanitaires et protection intégrée des cultures : l'indicateur de fréquence de traitement. *Notes et études socio-économiques*. (32). p.61-94.
- ORMVA. (2003). Projet d'économie d'eau dans le périmètre du Loukkos. *Revue H.T.E.* (126). Juin.2003.
- Pimentel D., Acquay H., Biltonen M., Rice P., Silva M., Nelson J., Lipner V., Giordano S., Horowitz A. et d'Amore M. (1992). Environmental and human costs of pesticide use. *Bioscience* 42. p. 750–760.
- Rissouli L., Benicha M., Chafik T. et Chabbi, M. (2017). Decontamination of water polluted with pesticide using biopolymers: Adsorption of glyphosate by chitin and chitosan. *JMES*.8(12). p.4544–4549. <https://doi.org/10.26872/jmes>.

- Rousseau M., Di Pietro L., Angulo-Jaramillo R., Tessier D. et Cabibe B. (2004). Preferential Transport of Soil Colloidal Particles : Physicochemical Effects on Particle Mobilization. *Vadose Zone Journal*. volume 3. p. 247–261.
- Saber Y. (2020). Agriculture. : Les ambitions du Maroc inquiètent les Espagnols. <https://leseco.ma/agriculture-les-ambitions-du-maroc-inquietent-les-espagnols/23/7/2020>, (consulté le 26/7/2020).
- Sauphanor B., Simon S., Boisneau C., Capowiez Y., Rieux R., Bouvier J.C., Defrance H., Picard C. et Toubon J.F. (2009). Protection phytosanitaire et biodiversité en agriculture biologique. Le cas des vergers de pommiers. *Innovations Agronomiques* (4). p. 217-228.
- Scholtz, M.T., Voldner, E., McMillan, A.C. and Van Heyst, B.J. (2002). A pesticide emission model (PEM) Part I: model development. *Atmospheric Environment* 36, 5005–5013.
- Sidi Hida J. (2003). Fruits rouges au Maroc : un secteur en évolution. Le portail agricole du crédit agricole du Maroc. *Fellah Trade*. <https://www.fellah-trade.com/fr/actualites-maroc/article/8231,fruits-rouges-au-maroc-un-secteur-en-evolution>.
- Tanji A., Benicha M. et Mamdouh M. (2014). Techniques de production du fraisier : Résultats d'enquêtes au Loukkos, *Bulletin de Transfert de Technologie*. (201), juillet 2014.
- Tellier S. (2006). Les pesticides en milieu agricole : état de la situation environnementale et initiatives prometteuses. Direction des politiques en milieu terrestre, Service des pesticides, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs 90.
- Turquet M.1, Geny A., Ginez A., Souriau R., Carmagnat C., (2019). Réduire l'emploi des produits phytosanitaires en culture de fraisiers hors sol : Projet DEPHY Fraise 2013 – 2018. *Innovations Agronomiques* 76. p. 3-16.
- Waibel H. et Zadoks J.C. (1995). Institutional Constraints to IPM. Papers presented at the XIII th International Plant Protection Congress (IPPC), Pesticide Policy Project, Publication Series No. 3, Hannover, Allemagne.
- Yves G. (2007). Réflexions sur les critères de choix d'indicateurs de pression phytosanitaire. *Courrier de l'environnement de l'INRA* n° 54, septembre 2007.
- Zahm F. (2011). L'évaluation de la performance globale d'une exploitation agricole à l'évaluation de la politique publique agro-environnementale de la Politique Agricole Commune. Thèse en économie de l'agriculture et des ressources de l'Université Européenne de Bretagne, Agrocampus, Rennes, France.
- Zavagli F., Villeneuve F., Tisiot R., Verhaeghe A. et Brachet M.L. (2011). Les indicateurs de pression d'utilisation des produits phytosanitaire. *Infos ctifl*. (269). p. 30-39.
- Zhao L., Li Y., Ren W., Huang Y., Wang X., Fu Z., Ma W., Teng Y. et Luo Y. (2020). Pesticide residues in soils planted with *Panax notoginseng* in south China, and their relationships in *Panax notoginseng* and soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety* (201).110783. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110783>.